



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**Diseño de un Sistema de Mantenimiento Preventivo para
Aumentar la Disponibilidad de los Tornos de la Empresa Full
Maquinarias S.A.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Antonio Leonardo Espejo Zavaleta (ORCID: 0000-0002-6667-2200)

ASESOR:

Mg. Jorge Eduardo Luján López (ORCID:0000-0003-1208-1242)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas Y Planes De Mantenimiento

TRUJILLO - PERÚ

2018

Dedicatoria

A Dios, porque me cuido y me dio la oportunidad de alcanzar mis metas.

A mi querida madre, Lucy Elizabeth Zavaleta Zavaleta, por ser mi pilar, y ayudarme a seguir mejorando como persona y profesional.

Para conmemorar a mi padre, Antonio Leonardo Espejo Castañeda, quien fue mi mentor mecánico y modelo a seguir como hijo y como profesional.

Gracias a mis hermanas Luisa Elizabeth Espejo Zavaleta y Anna Belen Espejo Zavaleta, y mis sobrinos que me llenan de alegría y motivación para avanzar.

Para mi abuela María Constanza Castañeda Díaz, por apoyarme desde el principio con su amor y confía en mí y en mis sueños.

Agradecimiento

Especialmente a dios, por guiarme y permitir que las personas adecuadas entraran a mi vida para contribuir al alcance de mis objetivos.

Para mis parientes más cercanos que siempre se han preocupado por mí, me inspiraron a seguir estudiando y trabajando desde el inicio de la adolescencia e hicieron grandes esfuerzos, y mostraron orgullo por mí.

Para mis amigos y colegas, por compartí momentos muy agradables con ellos para hacer este viaje académico más relajante y placentero.

Estoy particularmente agradecido con la Universidad César Vallejo y sus profesores por las enseñanzas para mi entrenamiento como ingeniero y al Ing. Jorge Eduardo Luján López por su acompañamiento.

Finalmente, gracias a las personas que me apoyaron en mi formación profesional de alguna manera.

Declaratoria De Autenticidad

Yo, Antonio Leonardo Espejo Zavaleta; con DNI N ° 47714298, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Titulos de la Universidad Cesar Vallejo ,Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, Ocultamiento u omisión tanto en los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, diciembre del 2018

Antonio Leonardo Espejo Zavaleta

ÍNDICE

Página del Jurado	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Declaratoria De Autenticidad	v
Anexo 1: Torno CNC.....71	vii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1.1. Realidad Problemática.....	2
1.2. Trabajos Previos	3
1.3. Teorías Relacionadas al Tema	8
1.4. Formulación del problema	23
1.5. Justificación del estudio	24
1.6. Hipótesis	24
1.7. Objetivos	25
II. MÉTODO	26
2.1. Diseño de investigación.....	27
2.2. Variables, operacionalización:.....	27
2.3. Población y muestra	29
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
2.6. Métodos de análisis de datos.....	31
2.7. Aspectos éticos.....	32
III. RESULTADOS:	33
3.1. Valoración de los indicadores de mantenimiento de todos los máquinas S. A. , actualmente (año 2018).....	34
3.2 Análisis de criticidad de los tornos de la empresa Full Maquinarias S.A.	40

3.4. Planifique las actividades en gestión y mantenimiento basadas en riesgos mediante el desarrollo de fichas informativas y hojas de decisión de RCM.	46
3.5. Estimación del índice de gestión de mantenimiento con la condición de que se mejore el sistema de mantenimiento de la aplicación.	52
IV.DISCUSIÓN.....	59
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES	63
VII. REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	69
Anexos 01: Torno CNC.....	70
Anexo 1: Torno CNC.....	71
Anexo 2 :Plan de mantenimiento Torno 1.....	72
Anexo 3: Recursos y presupuestos	73

Índice de Tablas

Tabla nr.1: Operacionalidad de variables.....	28
Tabla nr.2: Puntaje para los tornos, según los factores críticos.....	41
Tabla nr.3: índice de riesgo del torno según el AMEF(Torno Colchester 1600)....	44
Tabla nr.4: índice de riesgo del torno según el AMEF(Torno Romi Economaster).....	45
Tabla nr.5: índice de riesgo del torno según el AMEF(torno CNC Romi C510).....	46
Tablanr.6: información del torno Torno Colchester 1600.....	47
Tabla nr7: información del torno Torno Romi Economaster.....	48
Tabla nr8: información del torno Torno CNC Romi C510.....	49

Índice de Figuras

Figura nr.1: Ciclo de Deming (2008).....	8
Figura nr.2: Hoja de información RCM.....	16
Figura nr.3: Hoja de decisión RCM II.....	17
Figura nr.4: Matriz de criticidad propuesta por el modelo CTR.	
Figura nr.5: Diagrama Causa – Efecto.....	21
Figura 6: Curva de Davies.....	22
Figura 7. Árbol Lógico.....	22
Figura 8: Método y análisis de datos.....	31
Figura 9: número de intervenciones de mantenimiento del torno.....	34
Figura 10: Evaluación de tiempo de mantenimiento.....	35
Figura 11: Evaluación de tiempo útil de trabajo.....	35
Figura 12:Indicadores de gestión actuales Fuente: propia.....	40
Figura 13:Matriz de Criticidad propuesta por el modelo	42
Figura 14: Matriz de Criticidad propuesta por el modelo.....	42
Figura 15:Matriz de Criticidad propuesta por el modelo.....	43
Figura 16: Evaluación de números de intervenciones.....	53
Figura 17: Estimación de tiempo de mantenimiento.....	53
Figura 18:Estimacion de tiempo útil de trabajo.....	54
Figura 19:Indicadores de gestión actuales.....	59

RESUMEN

La finalidad de este trabajo es mejorar la usabilidad de tornos Full maquinarias S.A. basado en sistema de mantenimiento preventivo mediante el método AMEF y tecnología RCM. El estudio evaluó tres tornos propiedad de la empresa mencionada, dos son tradicionales, y el otro es un torno. CNC.

En el 2018. Ha sido evaluado mediante indicador de mantenimiento; confiabilidad, y la disponibilidad obtenida es de 96. 11%, 84. 67% y 28. 96%.

Lo siguiente será el calculo de criticidad de la máquina, para obtener estos valores evaluar el fallo de cada torno para conseguir un buen NPR, plantearnos la pregunta hoja de árbol e información lógica para uso, archivo de decisión AMEF.

Luego de crear el plan de mantenimiento, valoramos los indicadores actuales disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, por eso hemos aumentado porcentajes: 97.89%, 89.3% y 35.19%.

Palabras claves: AMEF, confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad

ABSTRACT

This thesis study is focused on increasing the reliability of the lathes of the company Full Maquinarias S.A., based on a Maintenance Management System using the AMEF methodology and the RCM technique. The study evaluated the 3 lathes that the aforementioned company has, among which two are conventional lathes and the third is a CNC lathe.

The 2018 period was evaluated with the maintenance indicators; Reliability, availability and maintainability, obtaining: 96.11%, 84.67% and 28.96%

The next step was to calculate the criticality of the machines, obtaining these values an evaluation of the failures of each lathe was given, in order to obtain a good NPR, asking the questions of the logical tree and using the information sheets, the decision sheet of the FMEA. 97.89%, 89.3% and 35.19%. Created this maintenance program, we value the current indicators of availability, reliability and maintainability, obtaining an improvement in the percentages of: 97.89%, 89.3% and 35.19%.

Keywords: AMEF, reliability, availability and maintainability

I.INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Como parte de un conjunto de técnicas de cambio constante de procesamiento de metales, el concepto actual las máquinas o herramienta son más extensas y profesionales que hace unos años, y el proceso se está volviendo cada vez más automatizado, lo que requiere una exposición cada vez más directa a las nuevas tecnologías complejo desafío profesionales mecánicos (A. Ginjaume y F. Torres 2005).

Hoy en día hay varios tipos de máquinas-herramientas llamadas CNC. Básicamente tienen la misma estructura que un torno paralelo tradicionales, pero han sufrido algunas reformas para cumplir con los requisitos funcionales. del CNC. (A. Ginjaume y F. Torres 2005).

Algunas empresas en Perú, tienen utilizado esta máquina para la producción, creando así un pequeño mercado para ellas. La dificultad de este pequeño mercado es que sabemos muy poco de estas máquinas, porque todas son importadas, por lo que tienen muy pocos repuestos y herramientas. Full Maquinarias es la empresa Trujillo, dedicada vender y distribuir productos que contribuyan a todo el proceso de producción a los mercados agrícolas. industria agrícola.

La empresa enfrenta dificultades para entregar a tiempo que reflejado en un patio de torneado con dos tornos convencionales uno. En particular, estas máquinas no tienen un programa de mantenimiento fijo, y cuando se dañan durante el proceso de producción, retrasarán la entrega de los pedidos a los clientes. lo que incluso dañará económicamente la reputación de la empresa.

En muchos casos se requiere algún tipo de mantenimiento, pero solo estas correcciones pueden eliminar el problema y continuar la producción. Ante el principal problema del tipo de mantenimiento mantener una mano de obra calificada a un precio razonable y proporciona piezas de repuesto. Como deben importarse en la actualidad, se han producido retrasos en la producción de una a dos semanas en promedio.

Dados problemas, se recomienda implementar planes de mantenimiento preventivo basados en la confiabilidad de reducir cualquier tipo de mantenimiento de la maquinaria correctivo de la máquina y detener la producción, evitar la pérdida económica y restaurar nuestra reputación a los clientes.

Esto dio lugar a la idea de MCC, que determinó el proceso de realización de esta operación para asegurar la existencia continua de activos tangibles el usuario que haga en el entorno operativo. Si se usa correctamente, MCC, se vinculará con los activos fijos tangibles existentes y el personal de operación y mantenimiento de estos activos.

En primer lugar, puede permitir que nuevos activos tangibles o productos básicos se pongan en uso de manera eficiente, rápida y precisa, mejorando así la disponibilidad, confiabilidad y facilidad de mantenimiento (MOUBRAY, 2004).

Es por esto que FULL MAQUINARIAS S.A. Pretende adoptar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad del MCC para aumentar tasa de utilización del torno, y de esta manera reducir o eliminar la situación, mantenimiento correctivo mediante un mejor control de averías.

1.2. Trabajos Previos

Llamba, (2014). En su trabajo " Elaborar plan de mantenimiento, enfocándose en la fiabilidad de la planta hidroeléctrica Illuchi N ° 2 (RCM), propósito es llevar a cabo plan de mantenimiento basado en la confiabilidad de los últimos requisitos (RCM). Plan de mantenimiento de la planta hidroeléctrica N ° 2.

El procedimiento utilizado es una matriz crítica para el desarrollo posterior hoja de trabajo. Los estudios han demostrado que el enfoque principal el contenido del plan de mantenimiento preventivo propuesto es posibles condiciones de falla en los equipos y minimizar tales búsquedas a través de métodos de análisis de criticidad de activos. Resulta que este método es el más crítico en las centrales eléctricas. El equipo es un generador y convertidor de potencia de S / E.

Al reducir esta criticidad, se pueden realizar las funciones de generación de energía y suministro de energía, de modo que se pueda garantizar una alta confiabilidad solo evitando fallas que puedan ocurrir en la fábrica.

Cuando se realice este análisis, se generará base de datos con todo el contenido de fallas que se han producido y la información detallada actual de todas las fallas que pueden ocurrir en los equipos de la planta. Esta información se registra en el feedback del archivo RCM porque esta es no es suficiente. Sea coherente con el análisis en sí, porque

cuando ocurren fallas no resueltas, deben incluirse en el análisis junto con las tareas activas relacionadas.

Cantaro, (1991). En su tesis. "El diseño del plan de mantenimiento máquinas de herramientas de fundición", mencionó que el mantenimiento de la máquina herramienta, actualmente es muy complicado, porque el avance tecnológico requiere un conocimiento profundo del tema requiere; Técnicos e Ingenieros.

El amplio campo de la máquina herramienta es cada vez más importante en la producción, el éxito y la mejora de las nuevas máquinas herramienta hacen necesario actualizar la tecnología más experimentada, todos los participantes del campo de la maquinaria y la mecánica están entusiasmados con el estudio de este campo de la máquina herramienta. eléctrico.

Salazar, (2009). En su tesis "diseño del plan de mantenimiento de confiabilidad (MCC) del sistema de aire de de la planta" Gas líquido natural ", el enfoque de diseño, la confiabilidad del plan de mantenimiento en el sistema de gas natural. Por ejemplo, el fluido de gas extraído Desde San Juan, la confiabilidad para mejorar el equipo, las horas extraordinarias para evitar el mantenimiento y el uso excesivo, las alarmas recurrentes, las fallas y el tiempo de inactividad.

Teniendo en cuenta que no existe un historial de mantenimiento, es conveniente utilizar plan de mantenimiento de confiabilidad centrada. Este método puede diagnosticar el estado actual del sistema, determinar el entorno operativo del sistema y realizar un análisis de criticidad para enfatizar la investigación y la mejora. Asigne recursos entre los componentes más relevantes, luego realice el análisis de impacto y modo de falla en los componentes clave, introdúzcalos en la tabla de información y luego determine el tipo de mantenimiento a través del árbol de decisiones lógicas y regístrelo en la tabla. AiH desarrolló un plan de mantenimiento, en el que se generó el 83% de las tareas preventivas, y un total de 465 horas-hombre, de las cuales el 78% pertenecía al departamento de mecánica.

Las tareas son diversas y tienen equidad porcentual, entre ellas, las condicionales, 29 reparaciones periódicas, reposición periódica y búsqueda de averías, entre las que el compresor genera más tareas.

(Vásquez 2008). Obtuvo el título profesional del ingeniero mecánico su tesis tuvo lugar en la universidad Austral en Chile Valdivia con el título: "Solicitud de mantenimiento enfocada en la confiabilidad del RCM del motor división Andina de Detroit 16V-149TI Codelco". Explicamos que el motor se subdivide en múltiples subsistemas en términos de descripción funcional, fallas funcionales, modos de averías y consecuencias de las fallas.

Conclusión el análisis RCM, se puede aplicar a cualquier dispositivo. Los elementos básicos deben preparar un asistente de expertos o RCM y proporcionarle personal técnico, este último es personal con el conocimiento de operación de activos, fallas, atención, etc.

Desde la creación de procedimientos y conservación de equipos suelen ser eficaces en cierta medida, ya que no todos los equipos se utilizan en los mismos parámetros operativos o en el mismo entorno, tiene algunos costos para realizar un análisis de RCM en un nuevo equipo. El tiempo puede brindar una gran ventaja de ayuda, para el personal de mantenimiento, ya que puede tomar decisiones más rápidas y decisivas sobre posibles fallas y sus respectivas tareas activas.

(Aguilar & Camacho 2008), Obtuvo el título profesional de ingeniero mecánico en su tesis realizada en la Universidad Cesar Vallejo con el título: “ El impacto del diseño ejecución, del plan de mantenimiento es reducir la confiabilidad control de fallas y la optimización del costo de producción de azúcar en Cartavio. S.A.A” Señaló en el trabajo: El proceso de producción de azúcar del Complejo Agroindustrial Cartavio involucra múltiples departamentos, lo que se puede entender al monitorear cada departamento, de los cuales el más el proceso de producción de azúcar es crucial.

Para ello, decidieron implementar RCM, que maximizará la fiabilidad, disponibilidad y minimizar costo del ciclo de vida del equipo. En resumen, si se lleva a cabo la aplicación estructurada del método RCM, se estima que se puede ahorrar un 35% del costo de mantenimiento y se puede reducir el costo de mantenimiento correctivo entre un 45% y un 20%.

(Martínez 2009), Obtuvo un título en Ingeniería Mecánica, su tesis la realizó en la Universidad de Oriente de Venezuela Titulada: "Recomendaciones basadas en análisis de causa raíz para mejorar la confiabilidad de los equipos clave. "

Hemos extraído una serie de conclusiones que merece la pena destacar no tienen un control estadístico, y las investigaciones preliminares no se pueden llevar a cabo para determinar la prioridad de mantenimiento; Las causas más comunes de agua de la caldera, las fallas del sistema son fatiga de corrosión y cojinetes, falla del filtro de succión y sellado mecánico. Se recomienda aplicar las actividades recomendadas para dispositivos críticos, ya que se estima que esto reduce la aparición de errores, lo que aumenta la confiabilidad del sistema.

(Canales 2014). En su trabajo "Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo en el Departamento de Patio de Caña basado en la Metodología RCM", Costa Rica; lideró un estudio para mejorar la usabilidad de la fábrica de azúcar central de Tempisque SA (CATSA), tomando acciones positivas para reducir el tiempo perdido por mal funcionamiento de máquinas de corrección (cinturones de goma, trituradoras, precargas, llaves de goma y muletas.

Se determinó que el tiempo promedio entre dos fallas fue de 3106. 63 horas y el mantenimiento promedio fue de 268. 35 horas, obteniendo así un índice disponible actual de 90. 8%. Después de aplicar el método RCM, la pérdida de condiciones de falla se redujo en un 8%, por lo que la disponibilidad del patio ingenio aumentó a 91°.

(Villacrés, S. 2016), En Ecuador titulado "Desarrollar plan de mantenimiento para el método basado en confiabilidad (MRC) basado en el Hidrocleaner Vactor M654 del vehículo Ecuador Stage EP, realizó un análisis crítico para determinar el equipo clave que aplicará el método RCM. Después de identificar el equipo clave, realizó un análisis del modo de impacto y falla (FMEA). Para ello, se deben definir las funciones primarias y secundarias, fallas, efectos y posibles causas.

Todo esto es para determinar el plan de mantenimiento para evitar posibles fallas, el cual está compuesto por actividades de mantenimiento, frecuencia y expertos requeridos.

Mediante la aplicación del método RCM para determinar un plan de mantenimiento para reducir la incidencia de fallas componentes del chasis a medida que el equipo clave. Para los 26 modos de falla analizados, determinaron 22 medidas preventivas y se planificaron actividades de mantenimiento correctivo para los 4 modos de falla restantes. Una falla que produce otra falla más grande cantidad de tiempo de inactividad

y costos de mantenimiento se han corregido reemplazando los cables blindados y los módulos electrónicos.

El plan de mantenimiento es efectivo a partir del 1 de enero de 2015. Después de aplicar el plan resultante, la tasa de fallas se redujo en un 45% y el tiempo de inactividad se redujo en un 58%, lo que aumentó la disponibilidad de camiones de purificación de agua alternativos entre un 90% y un 98%.

Huancaya, C (2016). En su tesis titulada "Mejoramiento de la disponibilidad mecánica y confiabilidad operativa de una cosechadora de caña de azúcar con una capacidad de 40 toneladas. " Obtuvo el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Católica de Perú.

Según los datos operativos y de mantenimiento de la flota con 17 meses de propiedad de empresa, a partir de la realización del análisis crítico, en este análisis se definen los parámetros que se clasificarán y se cuantifica la recolección en la cosechadora. Seleccionar el equipo más crítico de él, y luego cada equipo analizará el modo de falla durante este período.

Luego un análisis modal de falla e impacto. Aquí, puede clasificar y analizar cada modo de falla presentado por el equipo clave dentro de un período de tiempo especificado. La máquina tiene 178 modos de falla, de los cuales 5 son las tasas de falla más graves sobre los indicadores de severidad, incidencia y la detectabilidad, para obtener resultados más confiables, tome el modo de falla crítica de la flota..

Se estima que el análisis técnico y la "optimización del plan de mantenimiento esperado" aumentarán la producción y considerarán el aumento de la disponibilidad de la flota del 48% al 49% y el aumento de la confiabilidad del 42% al 70%. El número de fallas debilitadas se ha reducido en un 52%.

(Montalvo, E. 2013), en el título "Gestión de mantenimiento basada fiabilidad aplicada a un camión volquete de 50 toneladas En el "Transporte de material minero Alassi" de Lima, se utiliza un método de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), mejorar el desempeño se puede mejorar en 60 horas por día. mes, lo que aporta una ganancia de \$ 1.89 millones a los ingresos de la compañía.

Utiliza el análisis de modos de falla e impactos para generar optimización de planificación y programación mantenimiento, priorizando esas prioridades de 1 en base a la prioridad que ocurre con más frecuencia en el historial de mantenimiento.

Aplicación de análisis de efecto y modo de falla (AMEF), criticidad del equipo, aplicación y análisis de tecnología predictiva del historial de mantenimiento han mejorado el plan de mantenimiento, que representa del 12% al 30% del tiempo total de la tarea de mantenimiento planificada.

En general, después de 2 años o 12,000 horas de evaluación, en comparación con el tiempo requerido para el plan actual, se redujo entre un 37% y un 56%, aumentando así la disponibilidad de la flota de camiones volquete aumentó del 88% al 93%.

1.3. Teorías Relacionadas al Tema

1.3.1. Sistema de gestión de mantenimiento:

Norma Europea de Mantenimiento, 13306: 2011, definir el mantenimiento como una actividad que determina metas, estrategias y responsabilidades. , llevan a cabo mediante la supervisión de planificación, control y mantenimiento.

En otras palabras, el objetivo principal es establecer la gestión disponible, los productos de sistemas, para promover el material operativo, aumentar el tiempo entre las fallas, promover la mejor capacidad, evitar que los desensamblen eviten que los errores prevengan falas.

-Plan: Definir metas y métodos para lograrlas.

-Hacer: ejecutar la visión preestablecida.

-Verificación: Utilice los recursos asignados para verificar que se hayan alcanzado las metas planificadas.

-Acción: Estudiar y corregir las desviaciones detectadas y hacer sugerencias de mejor al proceso utilizado. (Deming, 2008).

Las etapa del ciclo de vida del servicio refleja la siguiente organización:



Figura 1: Ciclo de Deming (2008).

Distribución de Weibull:

El modo Weibull es una posibilidad muy flexible porque la ley tiene tres indicadores y se puede definir correctamente los resultados de varios experimentos y operaciones.

En contraste con el patrón exponencial, la ley de Weibull cubre la tasa de falla variable λ , por lo que se puede ajustar el período de tiempo diferentes formas de "mortalidad inicial" y "avería por desgaste". Proporcionar indicadores de gestión de mantenimiento correctos y precisos: fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. (Smith, David. 2001).

a) Confiabilidad: El equipo puede completar ciertas tareas bajo las siguientes condiciones de uso dentro del período de tiempo específico. (Tamborero, José. 2013).

Según la distribución estadística de Weibull, la confiabilidad, se determina

$$R(t) = \left[e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right] * 100\% \quad \text{ó} \quad C(t) = e^{-\frac{\lambda * t}{100}} * 100\% \quad \dots \text{Ec. (2.1)}$$

Dónde:

R(t): Confiabilidad (%)

t: Tiempo o instante de la falla (horas)

β : Parámetro de forma y representa la pendiente de la recta describiendo el grado de variación de la tasa de fallos (Adimensional)

η : Parámetro de escala, extensión de la distribución a lo largo, del eje de los tiempos (horas)

γ : Parámetro de posición (unidad de tiempos) y define el punto de partida u origen de la distribución (horas)

Para la evaluación de los parámetros β y η se utilizara la forma gráfica de Weibull, mientras para determinar γ , se utilizara la ley de Weibull.

Tiempo medio entre fallas, MTBF: Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado

$$MTBF = \eta * \gamma * \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad \text{ó} \quad \frac{T. \text{Útil}}{N^\circ \text{ Fallas}} \quad \dots \text{Ec. (2.2)}$$

Dónde:

MTBF: Tiempo medio entre fallas (horas/falla)

β : Parámetro de forma (Adimensional)

T.Útil: Tiempo de operación (horas)

γ : Parámetro de posición (horas)

Nº Fallas: Cantidad de Fallas (equipo)

η : Parámetro de escala (horas)

También podemos, definir que la tasa de fallos se determina, según la ecuación.

$$\lambda = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad \text{ó} \quad \frac{1}{\text{MTBF}} \quad \dots \text{Ec (2.3)}$$

Dónde:

λ : Tasa de fallas (fallas/hora)

t: Tiempo o instante de la falla (horas)

β : Parámetro de forma (Adimensional)

γ : Parámetro de posición (horas)

η : Parámetro de escala (horas)

b) Mantenibilidad: Puede ser definida como la característica de un equipo de permitir un mayor o menor grado de facilidad en la ejecución de los servicios de mantenimiento. (Tamborero, Jose. 2013).

La mantenibilidad, se puede expresar según la ecuación:

$$M(t) = \left[1 - e^{-\left(\frac{T - \gamma_m}{\eta_m} \right)^{\beta_m}} \right] * 100\% \quad \text{ó} \quad \left[1 - e^{-\frac{\mu * t}{100 * 12}} \right] * 100\% \quad \dots \text{Ec. (2.4)}$$

Dónde:

M(t): Mantenibilidad (%)

T: Tiempo de reparación (horas)

β_m : Parámetro de forma

η_m : Parámetro de escala (horas)

γ_m : Parámetro de posición (horas)

Tiempo medio para reparar (MTTR): Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado (Tamborero, Jose. 2013).

El tiempo medio para reparar, se determina.

$$MTTR = \eta_m * \gamma_m * \left(1 + \frac{1}{\beta_m}\right) \quad \text{ó} \quad \frac{\sum TPR}{N^\circ \text{ Fallas}} \quad \dots \text{Ec. (2.5)}$$

Dónde:

MTTR: Tiempo medio para reparar (horas/falla)

β_m : Parámetro de forma (Adimensional)

TPR: Tiempo para reparar (horas)

γ_m : Parámetro de posición (horas)

N° Fallas: Cantidad de Fallas (equipo)

η_m : Parámetro de escala (horas)

También podemos, definir que la tasa de reparaciones se determina, según la ecuación, (Tamborero, Jose. 2013).

$$\mu = \frac{\beta_m}{\eta_m} \left(\frac{T - \gamma_m}{\eta_m} \right)^{\beta_m - 1} \quad \text{ó} \quad \frac{1}{MTTR} \quad \dots \text{Ec. (2.6)}$$

Dónde:

μ : Tasa de reparaciones (fallas/hora)

T: Tiempo de reparación (horas)

β_m : Parámetro de forma

η_m : Parámetro de escala (horas)

γ_m : Parámetro de posición (horas)

c) Disponibilidad: Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado (Tamborero, Jose. 2013).

La disponibilidad, se puede definir:

$$A(t) = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) * 100\% \quad \dots \text{Ec. (2.7)}$$

Dónde:

A(t): Disponibilidad (%)

MTBF: Tiempo medio entre fallas (horas/falla)

MTTR: Tiempo medio para reparar (horas/falla)

Al momento de la evaluación para la tabulación de los valores t y T , se deben ordenar de forma decreciente y determinar la mediana, tal como se detalla en la siguiente, formula. (Tamborero, Jose. 2013).

$$F(i) = \left(\frac{i - 0.3}{N + 0.4} \right) * 100\% \quad \dots \text{Ec. (2.8)}$$

Dónde:

$F(i)$: Mediana (%)

i : Número de orden

N : Cantidad de datos totales

El procedimiento para la distribución de Weibull es la siguiente, (<http://es.slideshare.net>):

- Enlistar u ordenar los tiempos de forma decreciente
- Establecer los números de orden para los tiempos de falla
- Calcular los rangos de mediana
- Realizar la regresión lineal
- Calcular los parámetros de forma y escala según la forma gráfica de Weibull
- Calcular el parámetro de posición según la ley de Weibull
- Calcular las tasas de mantenimiento (falla y reparación)
- Calcular el tiempo medio entre fallas
- Calcular el tiempo medio para reparar
- Calcular la Confiabilidad, Mantenibilidad y disponibilidad.
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad

El mantenimiento centrado en la confiabilidad o RCM, de fábrica tiene como objetivo mejorar la confiabilidad de la instalación, es decir, reducir el tiempo de inactividad de la fábrica por fallas imprevistas que impiden el cumplimiento del plan de producción condicional y reducción de costes de mantenimiento. (Renovetec 2009).

Esta perspectiva, RCM. Es solo una herramienta de administración de mantenimiento, que puede maximizar la confiabilidad operativa de los activos en el entorno operativo de los activos en función de los requisitos de mantenimiento reales determinados., (Renovetec 2009).

Las 7 preguntas del mantenimiento centrado en la confiabilidad:

RCM se basa en la identificación y determinación de la causa de algunos recursos preventivos para evitar estas fallas. Durante el proceso, se realizan algunas preguntas clave: Renovetec (2009).

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?
- ¿Cómo falla cada equipo?
- ¿Cuál es la causa de cada fallo?
- ¿Qué parámetros monitorizan o alertan de un fallo?
- ¿Qué consecuencias tiene cada fallo?
- ¿Cómo puede evitarse cada fallo?
- ¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo?

Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

El análisis intenta impedir la falla que ocurren durante nuestro proceso de mantenimiento y verificarlas de forma metódica y sistemática. Este es un medio básico para obtener un ciclo de calidad para mantener el nivel de ingeniería y la implementación o el mantenimiento de la producción en sí. Después de un análisis constructivo de la estructura, aprendimos la experiencia de fallas anteriores en lugar de buscar un problema. Busca la causa del fallo. Define las medidas correctas y preventivas para evitar la recurrencia (Almada, John. 2013).

Puntaje del AMEF (Numero de prioridad de riesgo):

El desarrollo de AMEF se determina multiplicando el NPR, de tres índices de posibilidad, a saber, severidad o grado de ocurrencia y dificultad de detección. (Améndola, L. 2002).

$$\text{NPR} = G * O * D \quad \dots \text{Ec. (2.9)}$$

Dónde:

Gravedad: Esta es la probabilidad de falla en el proceso pero se basa totalmente en el impacto en un resultado específico, todas las causas posibles se clasifican de la misma manera.

1	Inferior. El usuario no puede ver el menor efecto.
2-3	Limitado. El cliente puede notar la falla, pero solo causará molestias menores.
4-5	Baja. El cliente notó la falla y generó algo de enojo.
6-7	Moderado. Provocará insatisfacción e insatisfacción con los clientes.
8-9	Elevado. Es difícil para los sistemas de control convencionales detectar este defecto.
10	Muy elevado. Es probable que los defectos lleguen a los clientes.

Fuente: upcommons.upc.edu

Ocurrencia: La frecuencia de la aparición de fallas al asignar esta clasificación, debe considerar dos probabilidades: se produce una falla y una vez que se produce un error, causará los efectos nocivos indicados.

1	La probabilidad de que ocurra es muy baja. Defectos que no existían en el pasado.
---	--

2- 3	La probabilidad de que ocurra es baja. Ha habido pocas fallas en situaciones similares en el pasado.
4- 5	La probabilidad de que ocurra es baja. Ocasionalmente ocurren defectos.
6- 7	La posibilidad de ocurrencia frecuente. Cierta frecuencia de fallas en el pasado.
8- 9	La probabilidad de que ocurra es alta. A menudo falló en el pasado.
10	La probabilidad de falla es alta. El fracaso sucede a menudo.

Fuente: upcommons.upc.edu

Detección Indica la probabilidad de falla reportada. En otras palabras, puede inferir el índice y el control de detección actual y sus causas. Antes de implementar AMEF, desarrollamos por primera vez analizar los criterios para obtener el número de prioridades de riesgo.

(Améndola, L. 2002).).

1	Escaso. El efecto muy obvio. Extremadamente improbable.
2- 3	Limitado. Esta falla puede controlarse mediante algunos controles importantes, pero puede detectarse.
4- 5	Moderado. Son características fáciles de detectar a menudo.
6- 7	Frecuente. Es difícil detectar defectos que llegan a los clientes con relativa frecuencia.
8- 9	Elevado. Es difícil para los sistemas de control convencionales detectar este defecto.
10	Muy elevado. Es probable que los defectos lleguen a los clientes.

Fuente: upcommons.upc.edu

Clasificación de resultados del análisis del NPR (Número de Prioridad de Riesgo):

NPR > 200Fallas Intolerables (I).

125 < NPR ≤ 200..... Fallas reducibles deseables (R).

NPR ≤ 125Fallas Aceptables (A).

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL - UNC		HOJA DE INFORMACION RCM	
ELEMENTO: Instalación de envasado aséptico de frascos		Fecha Realización: 2011	Realizado por: LIMi - Fábrica
COMPONENTE: Entrada de Máquina Envasadora de Frascos		Fecha Revisión: 2012	Revisado por: LIMi
FUNCION	FALLO FUNCION	MODO DE FALLO (Causa)	EFFECTO DE LOS FALLOS (Qué sucede cuando falla)
1) Entrada de frascos desde una bandeja a una velocidad de 3800 frascos/ hora de 50 ml	A) No ingresan frascos a la máquina	1) No funciona el disco organizador de ingreso por: falla motoreductor eléctrico	Paro del proceso. Al tercer frasco sin llenar la máquina se para y suena la alarma. La producción se continúa en forma manual. Mantenimiento desarma, manda a bobinar y reconecta en 72hs.
		2) No funciona el disco organizador de ingreso por: falla variador de velocidad motor.	Paro del proceso. Al tercer frasco sin llenar la máquina se para y suena la alarma. La producción se continúa en forma manual. Mantenimiento desarma, cambia variador, parametriza y reconecta en 72hs.
		3) No funciona el disco organizador de ingreso por: falla automatismo	Paro del proceso. Servicio tercerizado diagnostica si es problema de software o hardware, repara y reconecta en 2 semanas.
		4) No funciona el disco organizador de ingreso por: falla sensor inductivo fin de carrera	Paro del proceso. Al tercer frasco la máquina se para y suena la alarma. La producción se continúa en forma manual. Mantenimiento alinea y/o cambia el sensor y reconecta en 24 hs..
		5) Sensor fotoeléctrico de entrada no funciona (cuenta la entrada de frascos)	Paro del proceso. Al tercer frasco la máquina se para y suena la alarma. La producción se continúa en forma manual. Mantenimiento alinea y/o cambia el sensor y reconecta en 24 hs..
	B) Ingresan inadecuadamente los frascos	1) No funciona organizador de ingreso	Atascamiento y posible rotura de los frascos. La estrella gira antes de que llegue el frasco y se para por sobretorque. El operador resetea la máquina, ordena y reinicia el ciclo

Figura 2: Hoja de información RCM

Fuente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad: Ejemplo de aplicación en una industria farmacéutica Gangi

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL - UNC

HOJA DE DECISION RCM II

ELEMENTO: Instalación de envasado aséptico de frascos													Realizado por: LIMi - Fábrica													Fecha Realización: 2011																															
COMPONENTE: Entrada de Máquina Envasadora de FRascos													Revisado por: LIMi - Fábrica																																												
Referencia Informacion		Evaluación de consecuencias					HT S1			HT S2			HT S3			Tarea "a falta de"			TAREAS PROPUESTAS													FRECUENCIA INICIAL													REALIZA LA TAREA												
P	PP	MP	H	S	O	N1	N2	N3	N4	N5	N6																																														
1	A	1	S	N	N	S	S												Detección de ruidos, vibraciones, sobretemperatura y pérdidas de aceite. Estado de cables y conexiones.													Semanal													Operador del equipo												
																			Detección de vibraciones a través de un instrumento tipo datalogger. Medición de temperatura con termómetro infrarrojo.													Anual													Operador especializado												
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N										Ningún mantenimiento programado.																																						
1	A	3	S	N	N	S	N	N	N										Ningún mantenimiento programado.																																						
1	A	4	S	N	N	N	S												Controlar alineación y limpieza de sensor.													Semanal													Operador del equipo												
1	A	5	S	N	N	N	S												Controlar alineación y limpieza de sensor.													Semanal													Operador del equipo												
1	B	1	S	N	N	S	N	N	N										Ningún mantenimiento programado.																																						

Figura 3: Hoja de decisión RCM II

Fuente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad: Ejemplo de Aplicación en una Industria Farmacéutica Gangi

*Análisis de criticidad

Su propósito es proporcionar una herramienta que ayude a determinar la jerarquía de sistemas y equipos en la empresa. con el fin de puedan administrarse controlados y ordenados. El método puede establecer una estructura jerárquica o prioridad la estructura del sistema o equipo. puede promover toma de decisiones, dirección de trabajo y recursos en campo de mejora más importantes y necesarias de acuerdo con la situación real de las prioridades actuales. (Amendola, L. 2002).

Siga los pasos de análisis riguroso:

Preparación inventario: le permite crear una lista de equipos, participa en el sistema de producción.

Diagnosticar situación actual: esta operación se ha realizado para determinar el estado del dispositivo.

Evalúe el peso y las calificaciones del equipo en función de la criticidad del equipo: el peso recomendado de cada factor o estándar puede modificarse en función de las políticas de la organización de la empresa y el impacto productivo como objetivo principal.

El análisis critico generalmente se relaciona con lo siguiente: frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, mantenimiento, seguridad y costos ambientales.

Especificaremos:

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia de falla} * \text{consecuencia} \quad \dots \text{Ec. (2.10)}$$

Dónde:

Frecuencia de falla: Número de fallas en un tiempo determinado.

$$\text{Consecuencia} = \text{I. O} * \text{F. O} * \text{C. M} * \text{S. A. H} \quad \dots \text{Ec. (2.11)}$$

- Frecuencia de falla (Ff): Como su nombre lo indica, es la cantidad de veces que un evento se considera falla en un período de tiempo.
- Impacto operacional (IO): Puede entenderse como un impacto en la producción.
- Flexibilidad operativa (FO): definida como la capacidad de cambiar rápidamente para continuar la producción sin incurrir en grandes costos o pérdidas.
- Costo de mantenimiento (CM): excluya todos los costos involucrados en el trabajo de mantenimiento e ignore el costo inherente de los costos de producción debido a fallas.
- Seguridad e Impacto Ambiental (SAH): Enfóquese en evaluar las molestias que se pueden causar a las personas o al medio ambiente.

Después de aplicar las clasificaciones de riesgo y reunir los resultados, los criterios utilizados para obtener la severidad total del sistema son los siguientes: (Améndola, L. 2002).

Criterio para determinar criticidad	Puntaje
Frecuencia de fallas	
Más de 40 fallos por año	4
20 y 40 fallos por año	3
Al menos 10 fallos por año	2
Mínimo de 10 fallas por año	1
Impacto operativo	
Detenga todas las empresas de inmediato	10
Línea de producción compañía está descontinuada.	6
Impacto en la producción o el nivel de calidad	4
Afectará el costo operativo adicional (no disponible)	2
No tendrá ningún impacto significativo en otras operaciones.	1
Flexibilidad operacional	
No hay opción de producción ni forma de recuperarlo.	4
Hay una opción de equipo compartido.	2
Función alternativa disponible	1
Costo del mantenimiento	
Mayor o igual a S./ 16800.00	2
Menor o inferior a S./ 16800.00	1
Impacto en la seguridad ambiental y humana	
Afectar la seguridad del personal externo e interno	8
Afecta el medio ambiente y causar daños irreversibles.	6
Esto causará daños graves a la instalación.	4
Causar daños menores (accidente)	2
Causa un impacto ambiental, y su impacto no viole las reglas.	1

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Figura 4

Fuente: Matriz de criticidad propuesta por el modelo CTR.

Dónde:

C: áreas clave del sistema critico

MC: Campo de sistema medio criticidad

NC: áreas del sistema no crítico

1.3.2. Tipos de mantenimiento:

Mantenimiento correctivo:

Es una actividad orientada hacia la reparación de accidentes y fallas especiales, no se pueden prevenir y mantenerse más allá del control. Este tipo de mantenimiento no cree que la máquina dañada debe ser reparada, pero para buscar, diagnosticar y corregir la causa real de la falla. (Renovetec 2009).

Mantenimiento preventivo:

El mantenimiento más importante realizado dentro de la empresa. Se define como una serie de actividades que deben hacerse de forma regular. Evitar el desgaste y mantener el equipo y las instalaciones en uso ideal. (Renovetec 2009).

Mantenimiento predictivo:

Esto es para anticipar posibles fallas. Esto puede lograrse introduciendo otro sensor que proporcione datos (como sonido, vibración, temperatura, etc.). Mediante un análisis posterior, puede determinar si estas configuraciones son correctas y están en el rango normal u otros rangos de salida. Control, que incluye intervenciones de mantenimiento preventivo para resolver problemas antes de que ocurran. (Renovetec 2009).

1.3.3. Análisis causa raíz.

Es un método desarrollado para ayudar a los analistas de problemas a determinar su propia dirección. En los siguientes pasos y los factores que deben ser considerados para obtener soluciones efectivas, la aplicación exitosa del ACR depende un miembro del equipo de trabajo, por lo que se requiere cierta experiencia. el paradigma que se encuentra tradicionalmente en el proceso de análisis de fallas. (Almada, Juan. 2013).

La principal ventaja de la herramienta es:

- Reducir el número de fallas
- Reducción tarifa de mantenimiento.
- Mejorar la productividad

Diagrama de Ishikawa causa efecto:

Esta imagen es un observacion causal utilizado para resolver un problema, vinculando un impacto con las posibles causas del impacto.

Úselo cuando necesite encontrar la causa raíz de un problema. Debido a que categorizan el problema o situación a analizar, así como la causa y subcausa del problema, la situación puede simplificar enormemente la observacion y mejorar la solución de cada problema ayudando a visualizarlo mejor y hacerlo más fácil de resolver. comprender. Entre otras cosas, también se le llama: diagrama de causalidad.

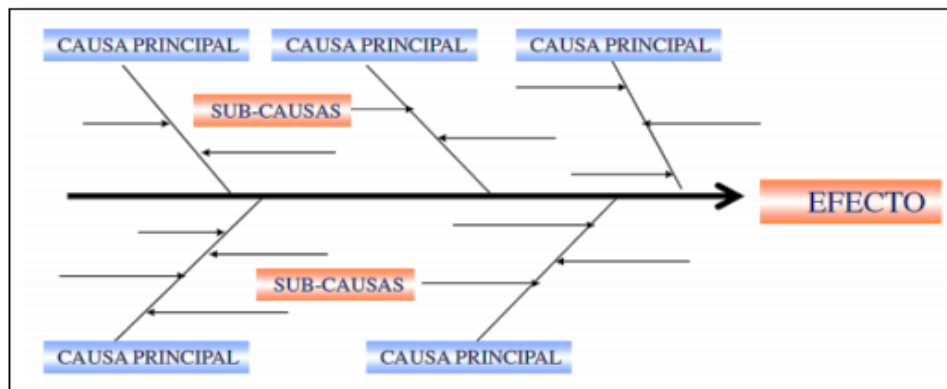


Figura 5: Diagrama Causa - Efecto

Fuente: Representación del análisis de la causa raíz (diagrama de Ishikawa).

(Juan Almada, 2013).

Curva de Davis o bañera

Teniendo en cuenta que la tasa de fallas cambia con el tiempo, generalmente se expresa como la forma de una bañera, porque la vida útil del equipo está representada en tres etapas diferentes. (Burgos, Andres y Lobelo 2009).

- Fracaso de la mortalidad inicial (reducción de la tasa)
- Fallo aleatorio (tasa constante)
- Fallo por deterioro (tasa aumentada).

En la Figura 2.4 se muestra una representación propia de la curva de evolución de la tasa de fallas.

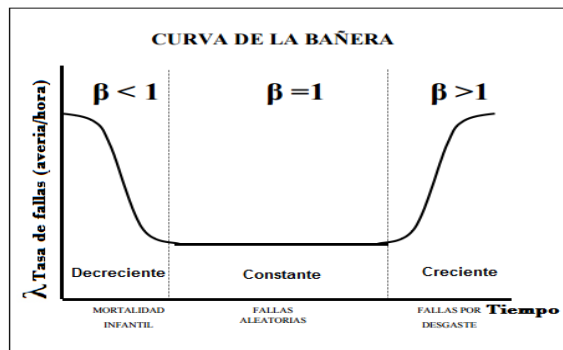


Figura 6: Curva de Davies

Fuente: Curva Davies. (Burgos, Andres y Lobelo 2009).

En donde β simboliza el parámetro de la forma de distribución de Weibull.

1.3.4. Árbol lógico de decisiones.

La estructura lógica de decisiones es un instrumento y puede hacer la mejor selección de actividades de mantenimiento basadas en los conceptos de MRC.

Esquema de árbol de decisión lógica para actividades de mantenimiento:

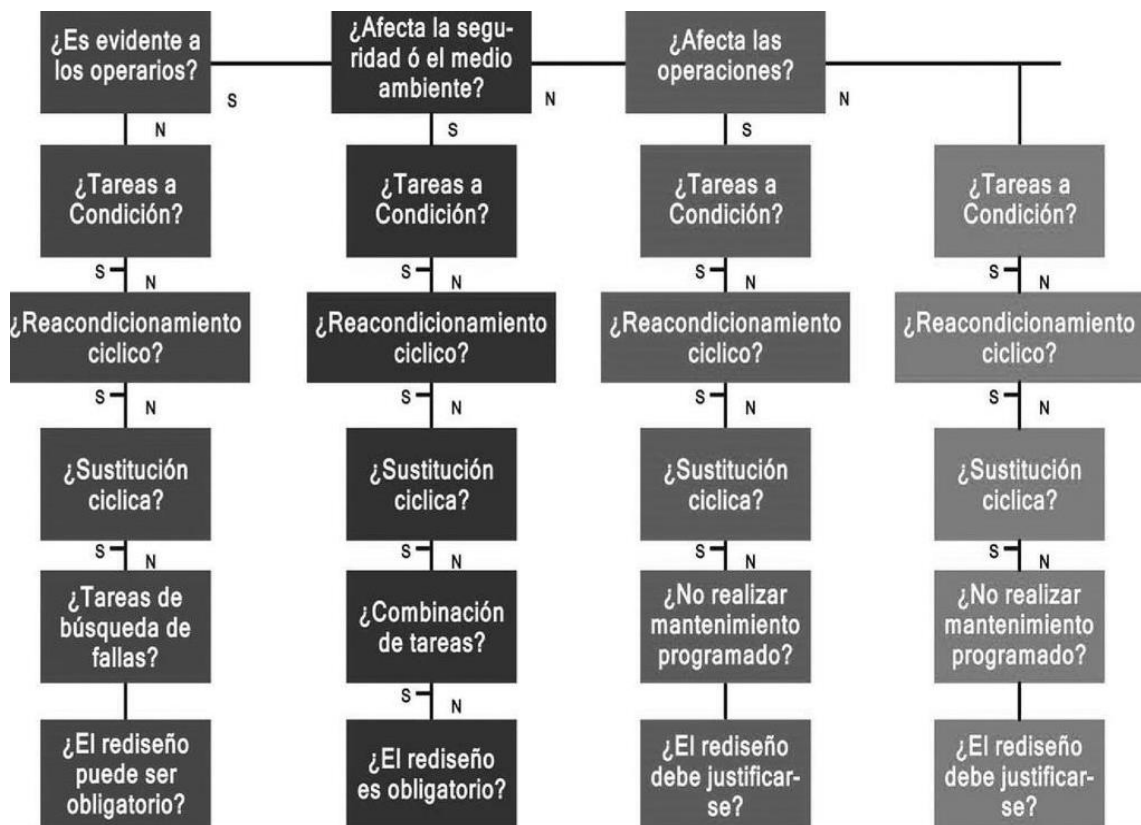


Figura 7. Árbol Lógico

Fuente: Actividades de mantenimiento del árbol lógico de decisiones.

Estableceremos una referencia de información antes de tomar una hoja de decisiones, en las capas para que la tarea recomendada se pueda configurar a través de la hoja de información.

Hoja de decisiones: se encuentra en esta etapa del análisis que los resultados y tareas se integran finalmente, y en esta etapa, podemos responder las últimas tres preguntas del método AMEF.

Costo operativo:

Son gastos necesarios para que el proyecto funcione con normalidad, producción. En otras palabras, los costos de mantenimiento son la suma de servicios públicos infringidos por el equipo.

$$C_p = C_m + C_p \quad \dots \text{Ec. (2.12)}$$

Dónde:

C_m : Costos de mantenimiento [S./año]

C_p : Costo generado por el equipo [S./año]

-Los coste de mantenimiento incluirán laborales y el de compra de repuestos para reemplazar su operación.

-Retorno de la inversión operativa

- Es una herramienta que se puede usar para medir flujo de la red de inversión para restaurar el costo inicial y el tiempo de inversión.

$$ROI = \frac{I \text{ [S./]}}{B \left[\frac{\text{S./}}{\text{año}} \right]} \quad \dots \text{Ec. (2.13)}$$

Dónde:

I: La inversión necesaria para la ejecución del proyecto.

B: El beneficio obtenido por el proyecto.

1.4. Formulación del problema

¿Cómo aumentar la disponibilidad de los tornos en la línea de maquinado de la empresa FULL MAQUINARIAS S.A.?

1.5. Justificación del estudio

Relevancia económica:

La tecnología de mantenimiento preventivo puede mejorar la disponibilidad de tornos convencionales y tornos CNC proporcionados por Full Maquinarias S.A. Esto traerá beneficios económicos, reducirá los costos operativos y aumentará la producción.

Relevancia tecnológica:

La aplicación de tecnología de mantenimiento aumenta la disponibilidad del torno ayudará a reducir las fallas graves y aumentará la disponibilidad de la máquina la implementación de este proyecto proporcionará orientación para todas las empresas procesadoras de metales.

Relevancia institucional:

Cuidado preventivo del método de planificación tiene como objetivo reducir las fallas de las máquinas completas S. A y aumentará su competencia contra otras compañías del sector. Esto mostrará que los estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo están capacitados para aplicar su conocimiento en el campo de trabajo.

Relevancia socio-ambiental:

Se ha desarrollado y ampliado el sistema de planificación de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de Full maquinarias S.A. y fabricar repuestos más duraderos, minimizando así el medio ambiente y el desperdicio de metal en el medio ambiente.

1.6. Hipótesis

Se puede establecer un sistema de mantenimiento preventivo para incrementar la utilización de los tornos Full Maquinarias S.A.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General:

Diseñar un sistema de mantenimiento preventivo para los tornos CNC y convencionales, para incrementar la disponibilidad de la línea de maquinado de la empresa FULL MAQUINARIAS S.A.

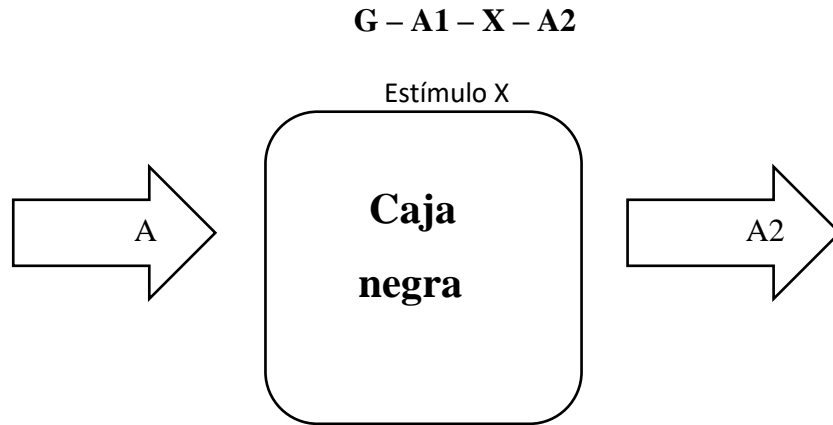
1.7.2. Objetivos Específicos:

- Evaluar mantenimiento actual con el que cuenta la línea de maquinado.
- Analizar la disponibilidad de los tornos.
- Realizar un análisis AMEF a la línea de tornos.
- Planificar las actividades de mantenimiento de cada torno.
- Realizar un formato de mantenimiento para cada máquina. (historial de fallas, control y monitoreo de mantenimiento).

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El estudio es un diseño pre-experimental compara las variables dependientes antes y después de aplicar el método MCC.



G: Todas las máquinas

X: Plan de mantenimiento enfocado a la confiabilidad

A1: Índice de cuidados antes de la estimulación

A2: Índice de reparación después de la estimulación

2.2. Variables, operacionalización:

✓ **Variable Dependiente:**

Disponibilidad

2.2. Operacionalización de variables

VARIABLE eficiencia	DEFINICIÓN DE CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad	Metodología que contribuye a la solución de problemas, relacionando un efecto con las posibles causas que la provocan; evitando así la recurrencia de un problema o defecto a través del funcionamiento de un activo.	Hojas de información y hojas de decisiones.	AMEF	ORDINAL
Aumento de la disponibilidad de las maquinas	La probabilidad de que un equipo que presenta una falla sea reparado en un determinado tiempo.	$M(t) = \left[1 - e^{-\left(\frac{T-Y_m}{\eta_m}\right)^{\beta_m}} \right] + 100\%$	Manteni bilidad	RAZÓN (%)
	Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.	$A(t) = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) * 100\%$	Disponi bilidad	RAZÓN (%)
	Es la razón de los costos en equipamiento para la implementación de la tecnología con el RCM y el beneficio logrado debido al aumento de la producción por la reducción de fallas críticas.	$ROI = \frac{I}{B}$	Costo/ beneficio	RAZÓN (años)

Tabla nr1.operacionalidad de variables

2.3. Población y muestra

2.3.1.Población:

Esta conformada por maquinas por arranque de viruta de la empresa Full Maquinaria S.A

2.3.2 Muestra:

La conforman los torno convencional y CNC; Full Maquinaria. S.A

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para lograr los objetivos específicos, se han utilizado técnicas y herramientas.

Técnicas para hallar datos.

Los investigadores utilizan varios métodos para recopilar datos sobre la situación actual, como entrevistas, encuestas de cuestionario, verificación de registros y observaciones. Cada uno tiene ventajas y desventajas. Por lo general, utilizan dos o tres para completar cada tarea y contribuir a la encuesta.. (López, G. 2009).

La entrevista:

Recopilan datos verbales a través de preguntas formuladas por analistas.

Para determinar el entorno operativo del torno, primero necesitamos saber en qué parte de la organización se encuentran en el espacio de mantenimiento de la empresa, para tal fin, utilizamos la siguiente información proporcionada por la empresa con su diagrama organizativo y hoja de trabajo.

Herramientas de trabajo, de las que se extraen las características del torno. Luego, continuamos enumerando información sobre su funcionamiento: el sistema que lo integra con los parámetros operativos.

Las ecuaciones asociadas con los parámetros de tiempo (los tiempos de funcionamiento entre fallas, reparaciones y tiempo de participación) se utilizan para determinar el índice disponible del grupo de máquinas actual. Para calcular estos parámetros de tiempo deben aprender el número de fallas en el grupo de maquinaria, que usemos el orden de mantenimiento como una técnica de análisis documental.

Para preparar la tabla de información de MCC, la estructura de la tabla de información de MCC se utilizó como herramienta donde analizamos cualquier sistema

de torno y CNC convencional, sus funciones primarias y secundarias y posibles fallas funcionales de cada sistema, y efecto (modo de falla) y el efecto.

Para preparar la hoja de decisiones de MCC, usamos el árbol de decisiones lógicas propuesto por MCC como herramienta. Finalmente, la hoja de decisiones utiliza la hoja de análisis como una herramienta para establecer las actividades centradas en la confiabilidad en el plan de mantenimiento.

Preparación de la entrevista:

1. Establecer el lugar de los futuros entrevistados en la organización, deberes básicos, actividades, etc. (El estudio).
2. Prepare las preguntas que se realizarán y documentos requeridos. (Organización).
3. Establezca límites mide el tiempo y prepara la agenda de la entrevista. (psicología).
4. Elija un lugar donde se puedan realizar entrevistas de mayor nivel (psicología).
5. Haga citas con anterioridad. (Planes).

Conducción de la entrevista

1. Explique completamente el propósito y el alcance de la investigación (honesto).
2. Explique el rol exclusivo de un analista y el rol que se espera que se le asigne el consultado. (imparcial).
3. Consultas rápidas y concretas para lograr respuestas de cantidad. (Hechos).
4. Evite hacer preguntas que requieran interés, subjetividad y actitudes similares. (habilidades).
5. Evite las frases de voz suave y sin sentido (claras).
6. Sea cortés y comedido, y no haga juicios de valor. (objetividad).
7. Controla la entrevista y evite charlar y comentar los espacios en blanco de la pregunta.
8. Escuche atentamente el contenido por si espera respuestas (Comunicación).

Secuela de la entrevista

1. Escriba el resultado (documento).
2. Entregue una copia al entrevistado y pídale que confirme, corrija o complementa (Profesional).

3. Conserve resultados de la encuesta para referencia y análisis posteriores (registro).

2.6. Métodos de análisis de datos.

Estudio descriptivo, los datos se enumerarán en forma de tabla de deducciones y tablas utilizadas por el departamento de gestión de mantenimiento a través de MCC. Analiza las principales métricas de moda basadas en el tamaño de los datos.

Flujograma:

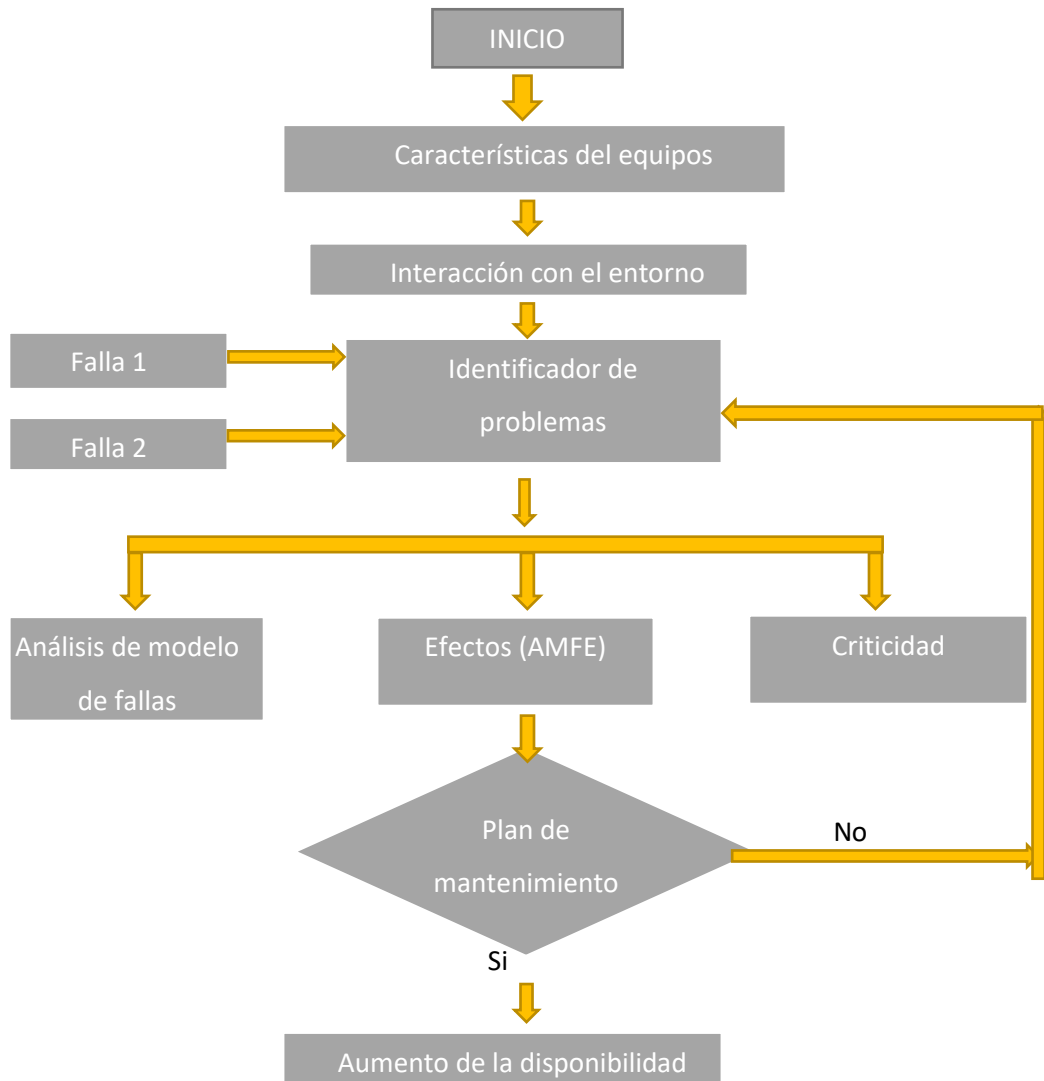


Figura 8: Método y análisis de datos

Fuente: Full Maquinarias S.A.

2.7. Aspectos éticos

Los investigadores están comprometidos con la protección de los derechos de la propiedad intelectual, la autenticidad de los resultados y la confiabilidad de los datos proporcionados por la empresa no revelarán la identidad del participante del estudio.

III. RESULTADOS:

3.1. Valoración de los indicadores de mantenimiento de todos los máquinas S. A. , actualmente (año 2018).

a.) Evaluar el número de intervenciones de mantenimiento del torno:

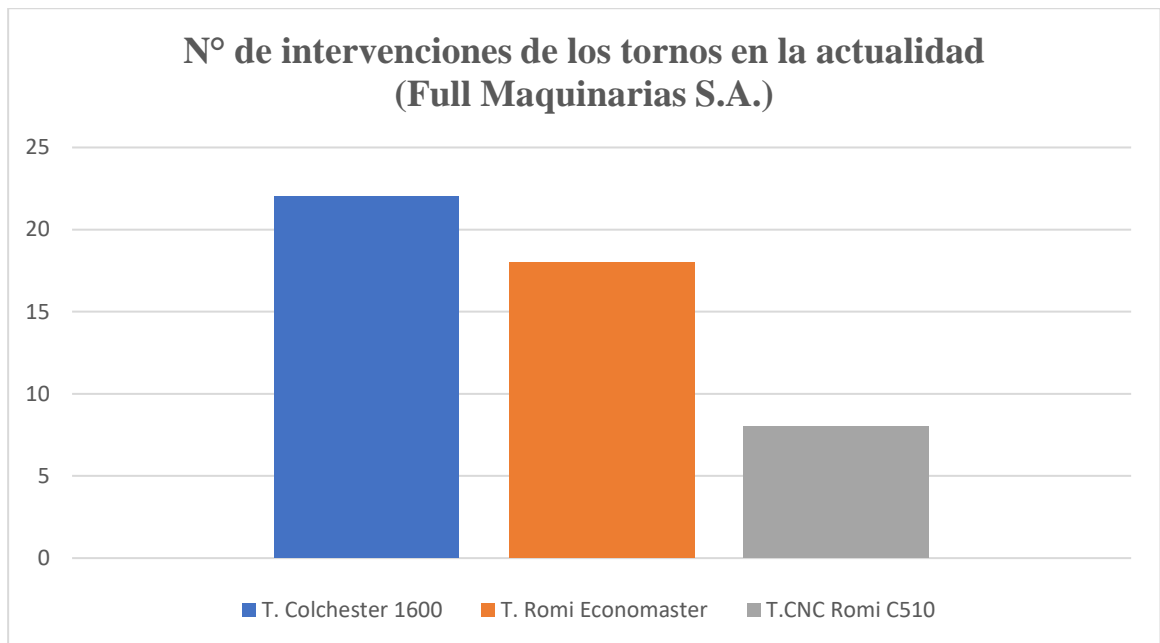


Figura 9: Fuente: Full Maquinarias S.A.

b.) Evaluar el período de reparación del torno (TPR):

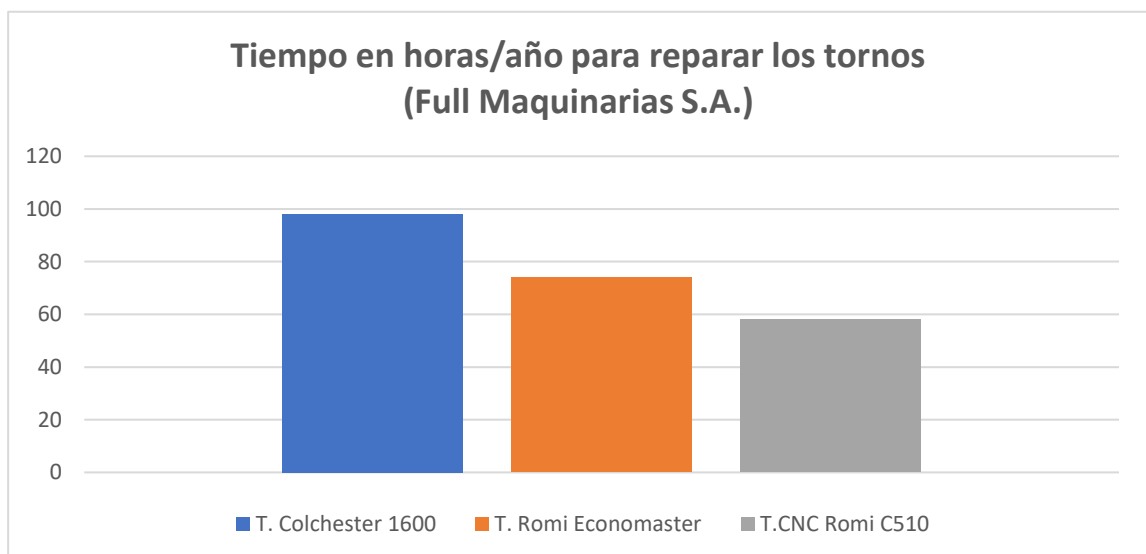


Figura 10: Evaluación de tiempo de mantenimiento
Fuente: Full Maquinarias S.A.

C.) Evaluar la jornada útil de los tornos en 2018:

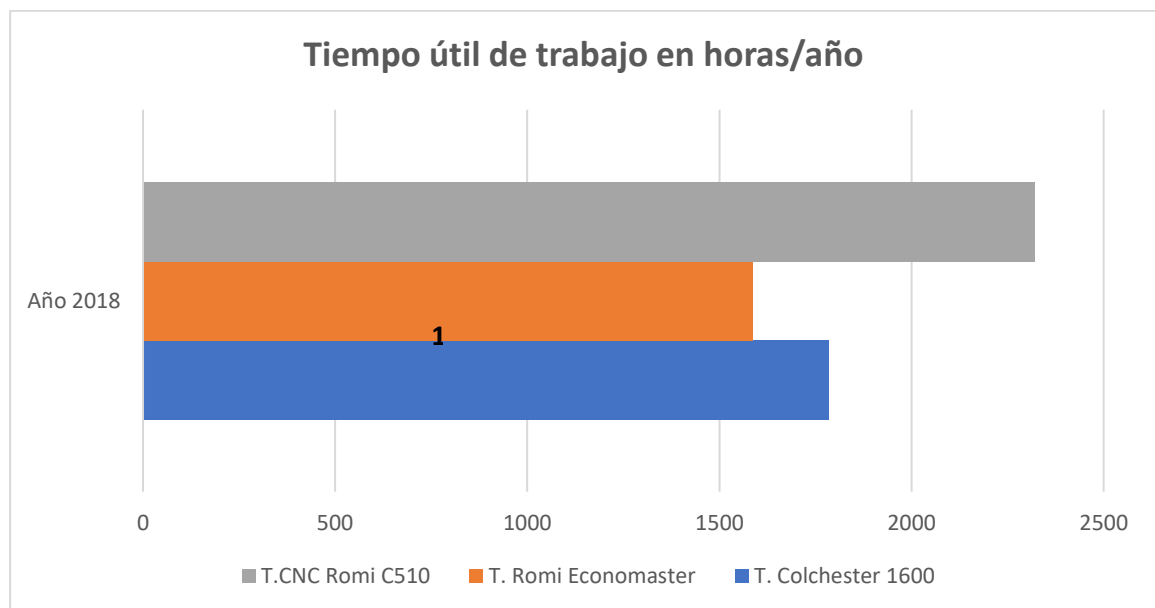


Figura 11: Evaluación de tiempo útil de trabajo

Fuente: Full Maquinarias S.A.

D.) Calculamos el tiempo medio de reparación (MTTR):

$$MTTR = \frac{\sum TPR}{N^{\circ} \text{ Fallas}}$$

*Torno Colchester 1600:

$$MTTR = \frac{98}{22} = 4.45 \text{ horas}$$

*Torno Romi Economist:

$$MTTR = \frac{74}{18} = 4.11 \text{ horas}$$

*Torno CNC Romi C510:

$$MTTR = \frac{58}{8} = 7.25 \text{ horas}$$

E.) Cálculo del Tiempo Medio Entre Fallas en el mantenimiento actual de los tornos.

$$MTBF = \frac{T. \text{Útil}}{N^{\circ} \text{ Fallas}}$$

*Torno Colchester 1600:

$$MTBF = \frac{1784}{22} = 81.09 \text{ horas}$$

*Torno Romi Economaster:

$$MTBF = \frac{1585}{18} = 88.05 \text{ horas}$$

*Torno CNC Romi C510:

$$MTBF = \frac{2320}{8} = 290 \text{ horas}$$

F.) Evaluamos la Tasa de Fallas actual de los tornos.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

*Torno Colchester 1600:

$$\lambda = \frac{1}{81.09} = 0.0123 \text{ horas/falla}$$

*Torno Romi Economaster:

$$\lambda = \frac{1}{88.05} = 0.0113 \text{ horas/falla}$$

*Torno CNC Romi C510:

$$\lambda = \frac{1}{290} = 3.44 * 10^{-3} \text{ horas/falla}$$

G.) Evaluación de la Tasa de reparación actual para los tornos.

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

*Torno Colchester 1600:

$$\mu = \frac{1}{4.45} = 0.224 \text{ fallas/h.reparación}$$

*Torno Romi Economaster:

$$\mu = \frac{1}{4.11} = 0.243 \text{ fallas/h.reparación}$$

*Torno CNC Romi C510:

$$\mu = \frac{1}{7.25} = 0.138 \quad \text{fallas/h.reparación}$$

H.) Disponibilidad actual de los tornos:

$$A(t) = \left(\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \right) * 100\%$$

*Torno Colchester 1600:

$$A(t) = \left(\frac{81.09}{81.09 + 4.45} \right) * 100\% = 94.79\%$$

*Torno Romi Economaster:

$$A(t) = \left(\frac{88.05}{88.05 + 4.11} \right) * 100\% = 95.54\%$$

*Torno CNC Romi C510:

$$A(t) = \left(\frac{290}{290 + 7.25} \right) * 100\% = 97.56\%$$

I.) Confiabilidad actual de los tornos:

$$C(t) = e^{-\frac{\lambda * t}{100}} * 100\%$$

Donde:

t = TPR + T.Útil = horas programadas

*Torno Colchester 1600:

t = 98 + 1784 = 1882 horas programadas

$$C(t) = e^{-\frac{0.0123 * 1882}{100}} * 100\% = 79.33 \%$$

*Torno Romi Economaster:

t = 74 + 1585 = 1659 horas programadas

$$C(t) = e^{-\frac{0.0113 * 1659}{100}} * 100\% = 82.9 \%$$

*Torno CNC Romi C510:

t = 58 + 1585 = 1643 horas programadas

$$C(t) = e^{-\frac{0.00344 * 1643}{100}} * 100\% = 94.5 \%$$

J.) Hallamos la Mantenibilidad actual de los tornos:

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{\mu \cdot t}{100 \cdot 12}} \right] * 100\%$$

*Torno Colchester 1600:

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{0.224 \cdot 1882}{100 \cdot 12}} \right] * 100\% = 29.6\%$$

*Torno Romi Economaster:

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{0.243 \cdot 1659}{100 \cdot 12}} \right] * 100\% = 28.53\%$$

*Torno CNC Romi C510:

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{0.138 \cdot 1643}{100 \cdot 12}} \right] * 100\% = 17.21\%$$

K) La sumatoria de los indicadores de gestión de mantenimiento de todos los tornos en condiciones actuales, sería:

Tiempo para reparar total:

$$(TPR) \text{ total} = 98 + 74 + 58 = 230 \text{ horas reparación/año}$$

Número de intervenciones totales:

$$\text{Intervenciones totales} = 22 + 18 + 8 = 48 \text{ intervenciones/año}$$

Tiempo útil total:

$$(T. \text{Útil}) \text{ total} = 2320 + 1585 + 1784 = 5689 \text{ horas útiles/año}$$

Tiempo medio entre fallas:

$$MTBF(t) = (T. \text{Útil}) \text{ total} / (\text{Intervenciones}) \text{ total}$$

$$MTBF(t) = 5689 / 48 = 118.52 \text{ horas útiles/ intervención}$$

Tiempo promedio para reparar:

$$MTTR(t) = (TPR) \text{ total} / (\text{Intervenciones}) \text{ total}$$

$$MTTR(t) = 230 / 48 = 4.79 \text{ horas reparación/intervenciones}$$

Tasa de fallas general:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF(\text{total})}$$

$$\lambda = \frac{1}{118.52} = 8.43 * 10^{-3} \text{ fallas/horas útiles}$$

Tasa de reparación general:

$$\mu = \frac{1}{\text{MTTR}(\text{total})}$$

$$\mu = \frac{1}{4.79} = 0.208 \text{ fallas/horas de reparación}$$

Sumatoria de tiempo total de la programación:

$$T(\text{total}) = \text{TPR}(\text{total}) + T.\text{Útil}(\text{total})$$

$$T(\text{total}) = 230 + 5689 = 5919 \text{ horas programadas/año}$$

Disponibilidad total de los tornos:

$$A(t) = \left(\frac{\text{MTBF}(\text{total})}{\text{MTBF}(\text{total}) + \text{MTTR}(\text{total})} \right) * 100\%$$

$$A(t) = (118.52 / (118.52 + 4.79)) = 96.11\%$$

Confiabilidad actual general de la maquinaria pesada:

$$C(\text{total}) = e^{-\frac{\lambda * t}{100 * N^{\circ} \text{equipos}}} * 100\%$$

$$C(\text{total}) = e^{-\frac{8.43 * 10^{-3} * 5919}{100 * 3}} * 100\%$$

$$C(\text{total}) = 84.67\%$$

Mantenibilidad actual general de la maquinaria pesada:

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{\mu * t}{100 * 12 * N^{\circ} \text{equipos}}} \right] * 100\%$$

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{0.208 * 5919}{100 * 12 * 3}} \right] * 100\%$$

$$M(t) = 28.96$$

***Graficamos el resultado de los indicadores actuales:**

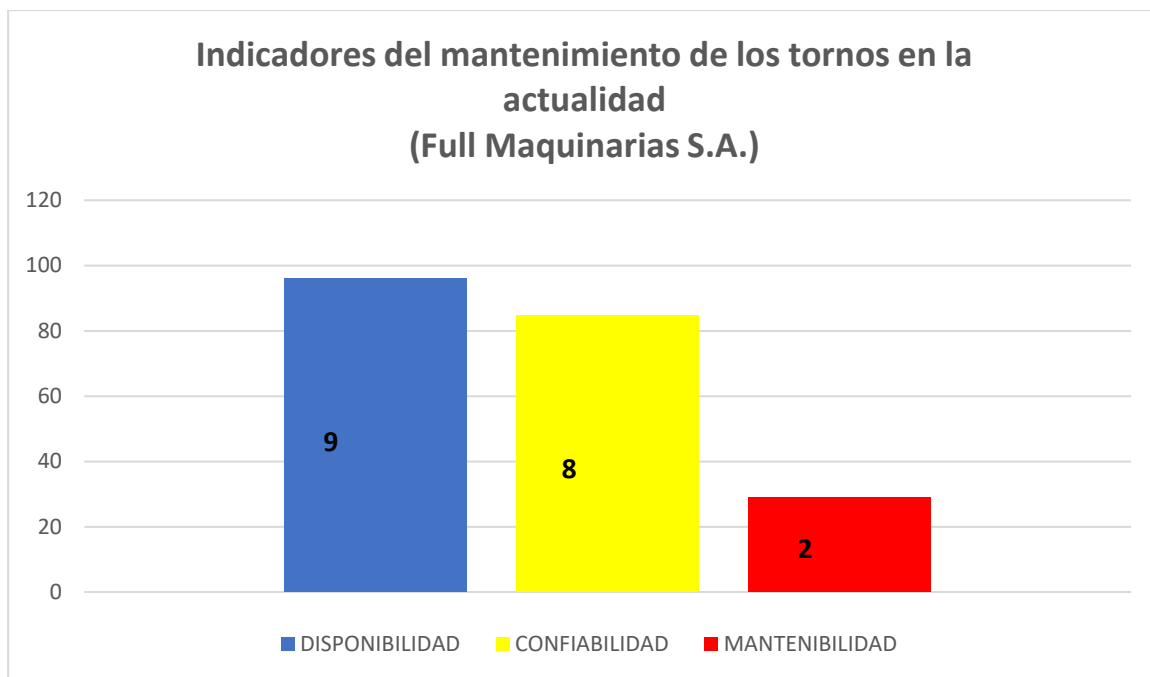


Figura 12:Indicadores de gestión actuales Fuente: propia

3.2 Análisis de criticidad de los tornos de la empresa Full Maquinarias S.A.

a) Asignación de puntaje para los tornos, según los factores críticos:

Criterio para determinar criticidad	Torno Colchester 1600	Torno Romi Economaster	Torno CNC Romi C510
Frecuencia de falla	3	2	1
Impacto operacional	4	4	6
Flexibilidad operacional	2	2	4
Costo del mantenimiento	2	1	1
Impacto en la Seguridad ambiental y humana	2	2	1

Tabla nr2: puntaje para los tornos, según los factores críticos

b) Evaluación de nivel de criticidad de los tornos:

Determinar la consecuencia:

-Torno Colchester 1600

$$C = I. O * F. O * C.M * S.A.H. = 4 * 2 * 2 * 2 = 32$$

-Torno Romi Economaster

$$C = I. O * F. O * C.M * S.A.H. = 4 * 2 * 1 * 2 = 16$$

- Torno CNC Romi C510

$$C = I. O * F. O * C.M * S.A.H. = 6 * 4 * 1 * 1 = 24$$

• Determinar del valor crítico:

-Torno Colchester 1600

$$Cr = F.f * C = 3 * 32 = 96$$

- Torno Romi Economaster

$$Cr = F.f * C = 2 * 16 = 32$$

- Torno CNC Romi C510

$$Cr = F.f * C = 1 * 24 = 24$$

c) Ubicación en la matriz de criticidad:

-Torno Colchester 1600

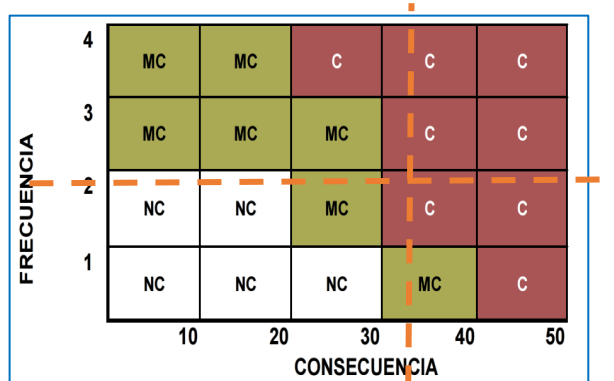


Figura 13:Matriz de Criticidad propuesta por el modelo

- Torno Romi Economaster

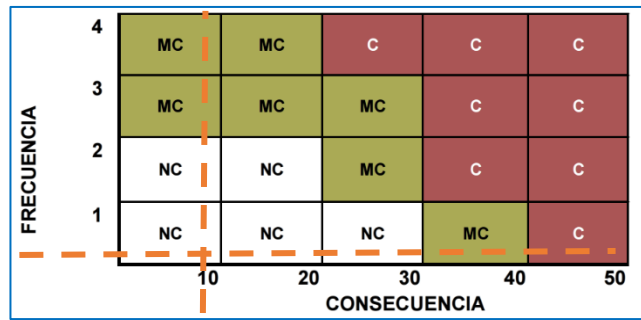


Figura 14: Matriz de Criticidad propuesta por el modelo

- Torno CNC Romi C510

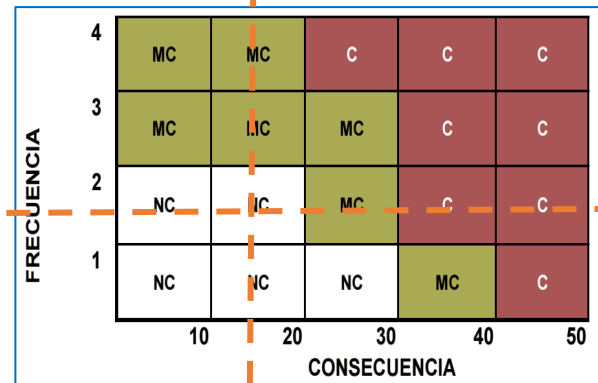


Figura 15: Matriz de Criticidad propuesta por el modelo

3.3 Determinar el índice de riesgo del torno según el AMEF con tabla NPR.

-Torno Colchester 1600

Item	Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Clasificación
1	Fuerza y revolución en embrague	8	8	3	192	Falla Reducible deseable (R)
2	Holgura de la polea motriz	6	8	5	240	Falla Intolerable (I)
3	Rotura de mordazas universales	4	8	4	128	Falla Reducible deseable (R)
4	Tuerca de carro transversal	4	8	4	128	Falla Reducible deseable (R)
5	Rodamiento de caja Norton	4	7	8	224	Falla Intolerables (I)
6	Atascamiento de contra punta	6	7	4	168	Falla Reducible deseable (R)
7	Pulsador de parada de emergencia	2	2	4	16	Falla Aceptable (A)
8	Tablero eléctrico	2	6	8	96	Falla Aceptable (A)
9	Desalineamiento de bancada	4	6	8	192	Falla Reducible deseable (R)

Tabla nr3: índice de riesgo del torno según el AMEF (Torno Colchester 1600)

-Torno Romi Economaster

Item	Falla	Gravedad	Ocurrencia	Deteccion	NPR	Clasificacion
1	Atascamiento de chuck porta brocas	7	5	2	70	Falla Aceptable (A)
2	Rotura de piñón de ataque	8	2	2	32	Falla Aceptable (A)
3	Desgaste de los dientes de la cremallera	8	4	3	96	Falla Aceptable (A)
4	Desalineamiento de bancada	4	6	8	192	Falla Reducible deseable (R)
5	Sobrecarga del motor principal	9	2	5	90	Falla Aceptable (A)
6	Contactador de marcha atrás	7	3	4	84	Falla Aceptable (A)
7	Juego de manijas de corte	6	5	2	60	Falla Aceptable (A)
8	Rotura de torreta	7	4	2	56	Falla Aceptable (A)

Tabla nr4: índice de riesgo del torno según el AMEF(Torno Romi Economaster)

Torno CNC Romi C510

Item	Falla	Gravedad	Ocurrencia	Deteccion	NPR	Clasificacion
1	Baja de fluido eléctrico	7	7	3	147	Falla Reducible deseable (R)
2	Atascamiento de torre giratoria	7	6	2	82	Falla Aceptable (A)
3	Sensores de aproximación	8	2	4	64	Falla Aceptable (A)
4	Sensores de sobrecarga	9	4	4	144	Falla Reducible deseable (R)
5	Bomba hidráulica de refrigeración	5	2	3	30	Falla Aceptable (A)
6	Panel de control	9	3	3	81	Falla Aceptable (A)
7	Rotura de mordazas universales	4	8	4	128	Falla Reducible deseable (R)
9	Desalineamiento de bancada	4	7	8	192	Falla Reducible deseable (R)

Tabla nr5: índice de riesgo del torno según el AMEF(torno CNC Romi C510)

3.4. Planifique las actividades en gestión y mantenimiento basadas en riesgos mediante el desarrollo de fichas informativas y hojas de decisión de RCM.

a) Hojas de información RCM:

-Torno Colchester 1600

Ubicación: Línea de tornos convencionales	Nombre de la empresa: Full Maquinarias S.A.	Fecha de Realización: 01/12/19	Realizado por: Antonio Espejo Zavaleta
	Equipo: Torno Colchester 1600	Fecha de Revisión: 01/12/19	Revisado por: Full Maquinarias S.A.
Elemento	Función (F)	Modo de falla (MF)	Causa de falla (CF)
Embrague	1.Transmitir o interrumpir las revoluciones del chuck	a. No engancha al accionarlo	1-Cambios bruscos de giro. 2-Dilatación de anillos
Polea motriz	2.Transmite el movimiento del motor al resto de la máquina	b. Juega y se desalinea con la faja	3-Mala alineación del motor principal
Mordazas universales	3.Sujetan la pieza en el chuck	c. Puede soltar la pieza en revolución	4-Falta de limpieza en el chuck 5-Exceso de presión
Carro Transversal	4.Dar medida al diámetro del material.	d. Juega la manija y es imprecisa	6-Exceso de fuerza al maquinar
Caja Norton	5.Transmite las revoluciones que seleccionemos	e. No ingresan bien los cambios	7-Mala maniobra al hacer los cambios
Contra punta	6.Soporte para ejes de longitud variada	f. Se atasca y no gira	8-Falta de limpieza y engrase 9-Altas temperaturas de ejes.
Pulsador de parada de emergencia	7.Apagar la máquina de Emergencia	g. Se afloja y cae de la máquina	10-Uso indebido al apagar la máquina
Tablero Eléctrico	8.Comanda la distribución eléctrica	h. Los bornes se aflojan	11-Sobre carga de energía 12-Falta de limpieza
Bancada	9.Permite desplazarse por todo lo largo del torno	i. Medidas cónicas.	13-Falta de limpieza 14-Exceso de peso

Tabla nr6:información del torno Torno Colchester 1600

-Torno Romi Economaster

Ubicación: Línea de tornos convencionales	Nombre de la empresa: Full Maquinarias S.A.	Fecha de Realización: 01/12/19	Realizado por: Antonio Espejo Zavaleta
	Equipo: Torno Romi Economaster	Fecha de Revisión: 01/12/19	Revisado por: Full Maquinarias S.A.
Elemento	Función	Modo de falla	Causa de falla
Chuck porta brocas	10.Sujetar las brocas	a. No aprieta	15-Golpes directos al chuck 16-Falta de limpieza
Piñón de ataque	11.Transmite el movimiento para el roscado	b. No encaja	17-Mala alineación de piñones y enganche
Cremallera	12.Permite desplazarse con escalas	c. No se puede desplazar por la bancada	18-Falta de limpieza 19-Engrase inadecuado
Bancada	13.Permite desplazarse por todo el largo del torno	d. Medidas cónicas.	20-Falta de limpieza 21-Exceso de peso
Motor principal	14.Genera las revoluciones para el giro del torno	e. Sobrecarga eléctrica	22-Fluido eléctrico irregular
Contactor de contramarcha	15.Acciona el paso de corriente para contramarcha	f. No acciona al mover la palanca de giro	23-Falta de limpieza y engrase 24-Cambios bruscos de giro
Juego de manijas de corte	16.Dar medidas al material	g. Juega la manija y es imprecisa	25-Exceso de fuerza al maquinar
Torreta	17.Portar las herramientas de corte	h. No sujeta bien las herramientas	26-Exceso de fuerza al maquinar 27-Mal ajuste

Tabla nr7: información del torno Torno Romi Economaster

-Torno CNC Romi C510

Ubicación: Oficina de CNC	Nombre de la empresa: Full Maquinarias S.A.	Fecha de Realización: 01/12/19	Realizado por: Antonio Espejo Zavaleta
	Equipo: Torno CNC Romi C510	Fecha de Revisión: 01/12/19	Revisado por: Full Maquinarias S.A.
Elemento	Función	Modo de falla	Causa de falla
Fluido Eléctrico	18.Alimenta de energía eléctrica a la maquina	a. Inestabilidad de los sensores y apaga los servomotores	28-Falta de mayor capacidad energética en la planta
Torre Giratoria	19.Portar las herramientas de corte	b. No sujeta bien las herramientas	29-Exceso de fuerza al maquinar 30-Mal ajuste
Sensores de Aproximación	20.Indica las aproximaciones al chuck y proceso	c. No emite señal de aproximación	31-Exceso de energía eléctrica 32-Golpes al sensor
Sensores de Sobrecarga	21.Identifican picos de energía eléctrica	d. Emite alarmas indebidas	33-Exceso de energía eléctrica 34-Exceso de temperatura
Bomba Hidráulica de refrigeración	22.Bombea refrigerante para el material y las herramientas de corte	e. aja presión de salida del refrigerante	35-Rotura en las mangueras 36-Falta de limpieza en los filtros
Panel de Control	23.Permite operar las funciones de la máquina	f. Se desestabiliza y cambia de operaciones	37-Virus en el software 38-Mala conducción de elementos electrónicos
mordazas universales	24.Sujetan la pieza en el chuck	g. Puede soltar la pieza en revolución	39-Falta de limpieza en el chuck 40-Exceso de presión
Bancada	25.Permite desplazarse por todo el largo del torno	h. Medidas cónicas.	41-Falta de limpieza 42-Exceso de peso

Tabla nr8: información del torno Torno CNC Romi C510

b) Hoja de decisiones aplicando AMEF

Cuadro de Decisiones Aplicando AMEF															
referencia			evaluación				H1	H2	H3	Tareas			Tareas Propuestas	Frecuencia	Realizar por
de			de				S1	S2	S3	"a falta de"					
información			consecuencias				O1	O2	O3						
F	MF	CF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1,2	S	N	N	S	S						Regular la distancia de los discos de embrague con ajuste en las contratueras	A condición	Técnico
2	B	3	S	N	N	S	S						Embocinar si hay desgaste y alinear la posición de las fajas	Bimestral	Técnico
3	C	4,5	S	N	N	S	N	N	N				No existe mantenimiento programado		Técnico
4	D	6	S	N	N	S	S						Rectificar hilos de carro transversal y reajustar a medida del tope	Mensual	Técnico
5	E	7	S	N	N	S	N	N	N				No existe mantenimiento programado		Técnico
6	F	8,9	S	N	N	S	S						Desmontaje de rodamientos, limpiar y engrasar	Semanal	Técnico
7	G	10	S	N	N	S	S						Reajustar tuerca de pulsador	Bimestral	Técnico
8	H	11,12	S	N	N	S	S						Limpieza de todos los componentes eléctricos y esparcir aislante	Diario	Técnico
9	I	13,14	S	N	N	S	S						Aflojar alojamientos de pernos y alinear con el reloj comparador hasta conseguir 90° de la posición de la bancada al chuck	Semestral	Técnico
10	A	15,16	S	N	N	S	S						Desmontar las mordazas, limpiar hilo y partes móviles, engrasar y armar	Bimestral	Técnico

11	B	17	S	N	N	S	N	N	N				No existe mantenimiento programado		Técnico
12	C	18,19	S	N	N	S	S						Desmontar cremallera, rellenar dientes desgastados y volver a montar	A condición	Técnico
13	D	20,21	S	N	N	S	S						Aflojar alojamientos de pernos y alinear con el reloj comparador hasta conseguir 90° de la posición de la bancada al chuck	Semestral	Técnico
14	E	22	S	N	N	S	N	N	N				No existe mantenimiento programado		Técnico
15	F	23,24	S	N	N	S	S						desarmar contactor, limpiar, regular su medida y volver armar	Bimestral	Técnico
16	G	25	S	N	N	S	S						Regular contratuercas de ajuste móvil	Mensual	Técnico
17	H	26,27	S	N	N	S	S						Desmontar eje roto y poner anclaje de perno fijo	A condición	Técnico
18	A	28	S	N	N	S	N	N	N				No existe mantenimiento programado		Técnico
19	B	29,30	S	N	N	S	S						Activar modo de movimiento manual, salir de las coordenadas parametradas en x y z, intentar dar giro hasta que pueda reaccionar el servomotor.	A condición	Técnico

20	C	31,32	S	N	N	S	S						Limpieza de todos los componentes eléctricos y esparcir aislante	Semanal	Técnico
21	D	33,34	S	N	N	S	S						Limpieza de todos los componentes eléctricos y esparcir aislante	Semanal	Técnico
22	E	35,36	S	N	N	S	S						Desmontar mangueras, revisar agujeros o fugas en caso hubiera, si no volver a ajustar con abrazadera	Mensual	Técnico
23	F	37,38	S	N	N	S	S						Habilitar permiso de ingreso, limpieza de todos los componentes electrónicos y esparcir aislante	Bimestral	Técnico
24	G	39,40	S	N	N	S	N	N	N				No existe mantenimiento programado		Técnico
25	H	41,42	S	N	N	S	S						Aflojar alojamientos de pernos y alinear con el reloj comparador hasta conseguir 90° de la posición de la bancada al chuck	Semestral	Técnico

3.5. Estimación del índice de gestión de mantenimiento con la condición de que se mejore el sistema de mantenimiento de la aplicación.

a.) El número de intervenciones para evaluar el mantenimiento del torno:

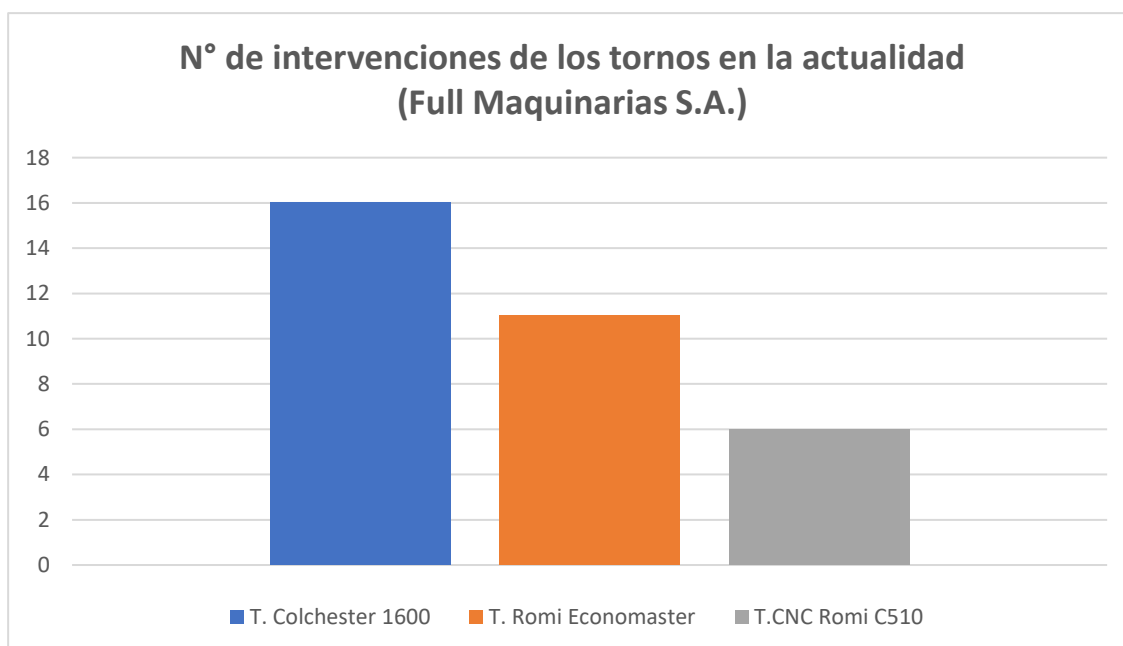


Figura 16: Evaluación de números de intervenciones

Fuente: Full Maquinarias S.A.

b.) Estimación de tiempo de mantenimiento del torno:

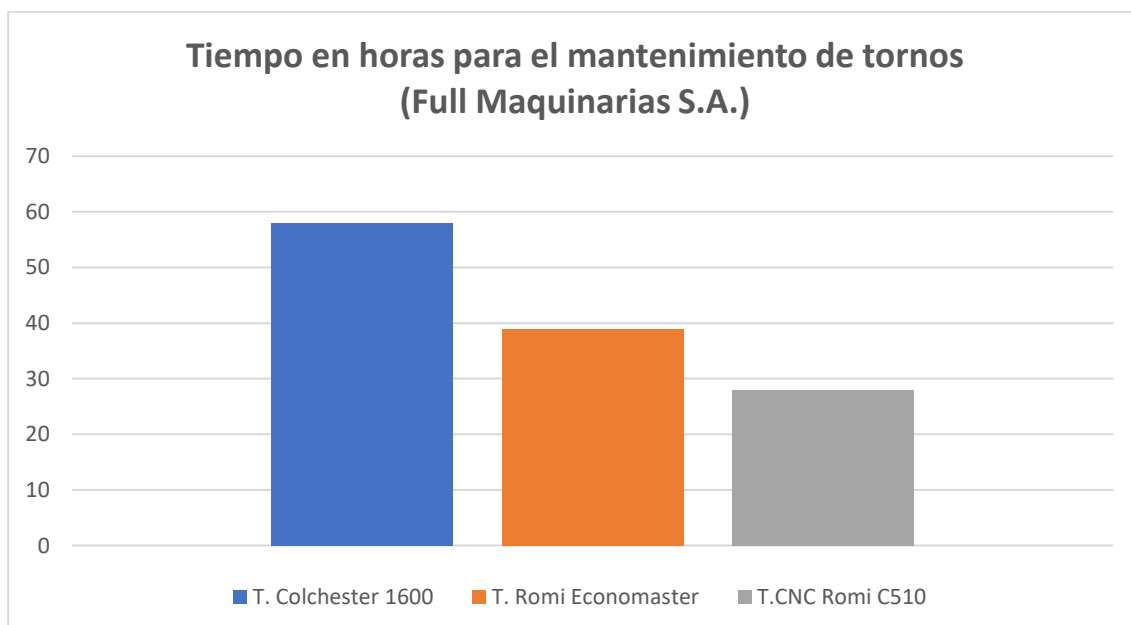


Figura 17: Estimación de tiempo de mantenimiento

Fuente: Full Maquinarias S.A.

C.) Estimación del tiempo de trabajo del tornos en 2018:

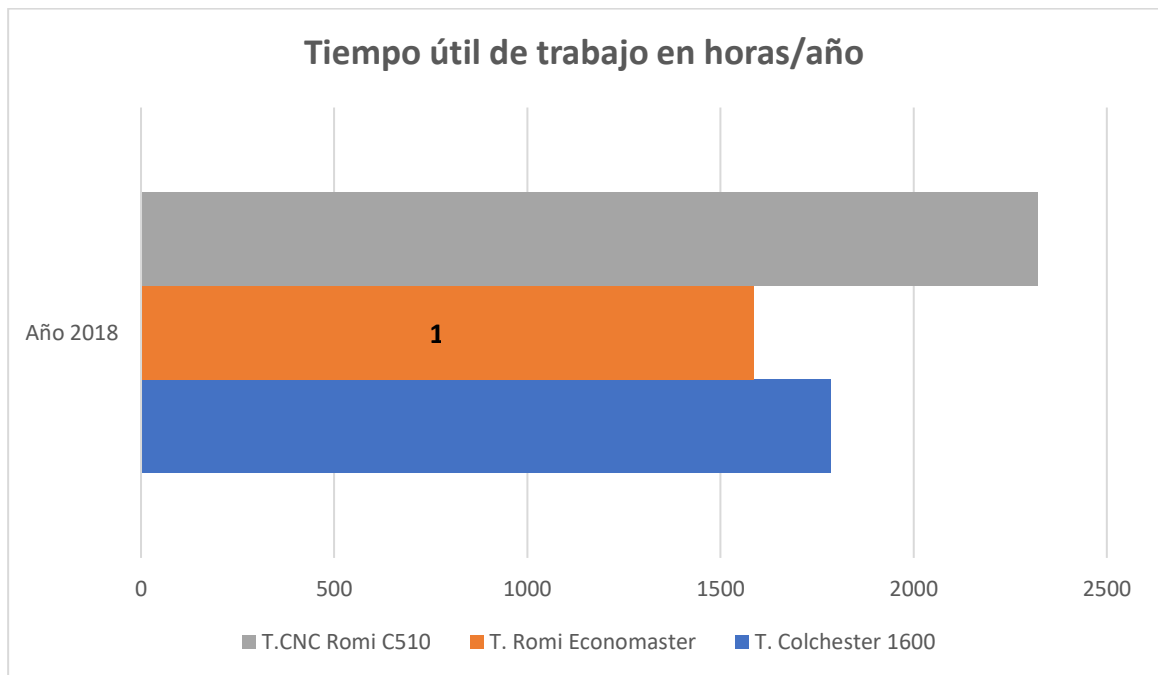


Figura 18: Estimación de tiempo útil de trabajo

Fuente: Full Maquinarias S.A.

D.) Calculamos el Tiempo Medio para Reparar (MTTR) con los nuevos valores:

$$MTTR = \frac{\sum TPR}{N^{\circ} \text{ Fallas}}$$

*Torno Colchester 1600:

$$MTTR = \frac{50}{16} = 3.12 \text{ horas}$$

*Torno Romi Economaster:

$$MTTR = \frac{39}{11} = 3.54 \text{ horas}$$

*Torno CNC Romi C510:

$$MTTR = \frac{28}{6} = 4.66 \text{ horas}$$

E.) Cálculo del Tiempo Medio Entre Fallas con los valores actuales en el mantenimiento actual de los tornos.

$$MTBF = \frac{T. \text{Útil}}{N^{\circ} \text{ Fallas}}$$

*Torno Colchester 1600:

$$MTBF = \frac{1814}{16} = 113.37 \text{ horas}$$

*Torno Romi Economaster:

$$MTBF = \frac{1620}{11} = 147.27 \text{ horas}$$

*Torno CNC Romi C510:

$$MTBF = \frac{2360}{6} = 393.33 \text{ horas}$$

F.) Evaluamos la Tasa de Fallas con valores actuales de los tornos.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

*Torno Colchester 1600:

$$\lambda = \frac{1}{113.37} = 8.82 * 10^{-3} \text{ horas/falla}$$

*Torno Romi Economaster:

$$\lambda = \frac{1}{147.27} = 6.79 * 10^{-3} \text{ horas/falla}$$

*Torno CNC Romi C510:

$$\lambda = \frac{1}{393.33} = 2.54 * 10^{-3} \text{ horas/falla}$$

G.) Evaluación de la Tasa de reparación con valores actuales para los tornos.

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

*Torno Colchester 1600:

$$\mu = \frac{1}{3.12} = 0.32 \text{ fallas/h.reparación}$$

*Torno Romi Economaster:

$$\mu = \frac{1}{3.54} = 0.282 \quad \text{fallas/h.reparación}$$

*Torno CNC Romi C510:

$$\mu = \frac{1}{4.66} = 0.214 \quad \text{fallas/h.reparación}$$

H.) Evaluamos la disponibilidad actual de los tornos:

$$A(t) = \left(\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \right) * 100\%$$

*Torno Colchester 1600:

$$A(t) = \left(\frac{113.37}{113.37 + 3.12} \right) * 100\% = 97.32\%$$

*Torno Romi Economaster:

$$A(t) = \left(\frac{147.27}{147.27 + 3.54} \right) * 100\% = 97.65\%$$

*Torno CNC Romi C510:

$$A(t) = \left(\frac{393.33}{393.33 + 4.66} \right) * 100\% = 98.82\%$$

I.) Evaluamos la confiabilidad con los valores actuales de los tornos:

$$C(t) = e^{-\frac{\lambda * t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$t = \text{TPR} + \text{T.Útil} = \text{horas programadas}$

*Torno Colchester 1600:

$t = 58 + 2360 = 2418 \text{ horas programadas}$

$$C(t) = e^{-\frac{0.00882 * 2418}{100}} * 100\% = 80.79 \%$$

*Torno Romi Economaster:

$t = 39 + 1620 = 1659 \text{ horas programadas}$

$$C(t) = e^{-\frac{0.00679 * 1659}{100}} * 100\% = 89.3 \%$$

*Torno CNC Romi C510:

$$t = 28 + 1814 = 1842 \text{ horas programadas}$$

$$C(t) = e^{-\frac{0.00254 \cdot 1842}{100}} * 100\% = 95.4 \%$$

J.) Hallamos la Mantenibilidad actual de los tornos:

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{\mu \cdot t}{100 \cdot 12}} \right] * 100\%$$

*Torno Colchester 1600:

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{0.32 \cdot 2418}{100 \cdot 12}} \right] * 100\% = 47.5\%$$

*Torno Romi Economaster:

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{0.282 \cdot 1659}{100 \cdot 12}} \right] * 100\% = 32.2\%$$

*Torno CNC Romi C510:

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{0.214 \cdot 1842}{100 \cdot 12}} \right] * 100\% = 27.9\%$$

K) La sumatoria de los indicadores de gestión de mantenimiento de todos los tornos en condiciones actuales, sería:

- Tiempo para reparar total:

$$(TPR) \text{ total} = 58 + 39 + 28 = 125 \text{ horas reparación/año}$$

- Número de intervenciones totales:

$$\text{Intervenciones totales} = 16 + 11 + 6 = 33 \text{ intervenciones/año}$$

- Tiempo útil total:

$$(T. \text{Útil}) \text{ total} = 2360 + 1620 + 1814 = 5790 \text{ horas útiles/año}$$

- Tiempo medio entre fallas:

$$MTBF(t) = (T. \text{Útil}) \text{ total} / (\text{Intervenciones}) \text{ total}$$

$$MTBF(t) = 5790 / 33 = 175.57 \text{ horas útiles/ intervención}$$

- Tiempo promedio para reparar:

$$MTTR(t) = (TPR) \text{ total} / (\text{Intervenciones}) \text{ total}$$

$$MTTR(t) = 125 / 33 = 3.78 \text{ horas reparación/intervenciones}$$

- Tasa de fallas general:

$$\lambda = \frac{1}{\text{MTBF}(\text{total})}$$

$$\lambda = \frac{1}{175.57} = 5.69 * 10^{-3} \text{ fallas/horas \u00fasiles}$$

- Tasa de reparaci\u00f3n general:

$$\mu = \frac{1}{\text{MTTR}(\text{total})}$$

$$\mu = \frac{1}{3.78} = 0.264 \text{ fallas/horas de reparaci\u00f3n}$$

- Sumatoria de tiempo total de la programaci\u00f3n:

$$T(\text{total}) = \text{TPR}(\text{total}) + T.\acute{U}\text{til}(\text{total})$$

$$T(\text{total}) = 125 + 5790 = 5915 \text{ horas programadas/a\u00f1o}$$

- Disponibilidad total de los tornos:

$$A(t) = \left(\frac{\text{MTBF}(\text{total})}{\text{MTBF}(\text{total}) + \text{MTTR}(\text{total})} \right) * 100\%$$

$$A(t) = (175.57 / (175.57 + 3.78)) = 97.89\%$$

- Confiabilidad actual general de la maquinaria pesada:

$$C(\text{total}) = e^{-\frac{\lambda * t}{100 * N^{\circ} \text{equipos}}} * 100\%$$

$$C(\text{total}) = e^{-\frac{5.69 * 10^{-3} * 5915}{100 * 3}} * 100\%$$

$$C(\text{total}) = 89.3\%$$

- Mantenibilidad actual general de la maquinaria pesada:

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{\mu * t}{100 * 12 * N^{\circ} \text{equipos}}} \right] * 100\%$$

$$M(t) = \left[1 - e^{-\frac{0.264 * 5915}{100 * 12 * 3}} \right] * 100\%$$

$$M(t) = 35.19\%$$

*** Gráfico del resultado de los indicadores actuales:**

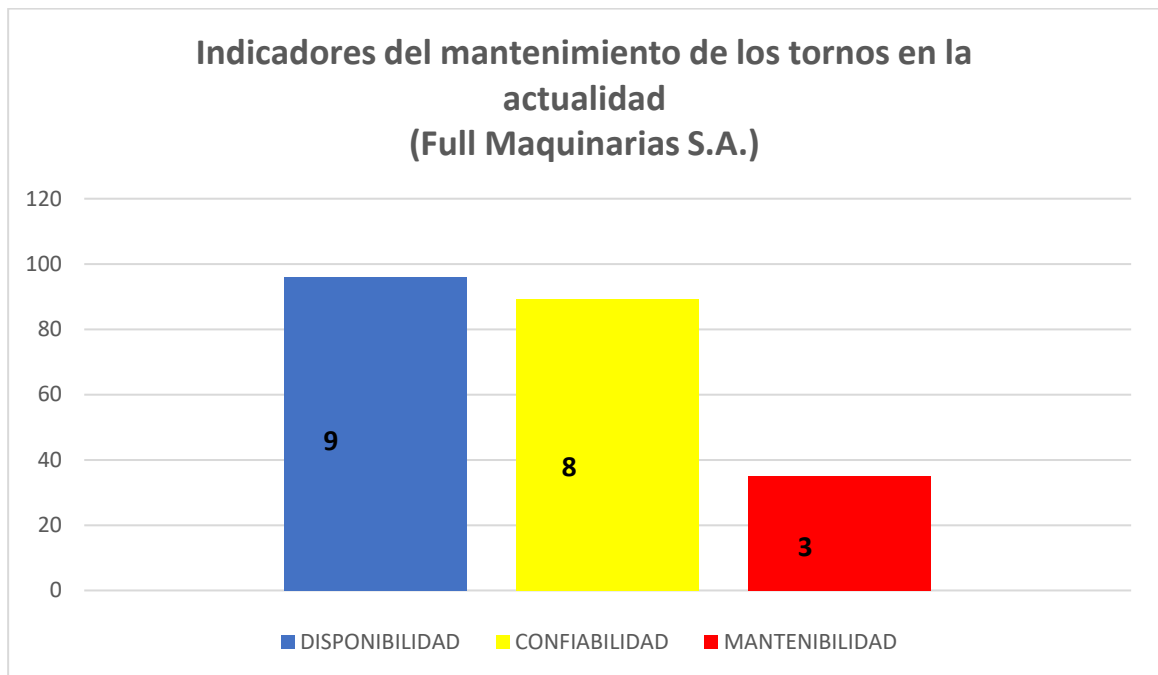


Figura 19:Indicadores de gestión actuales

Fuente: propia

IV.DISCUSIÓN

Cántaro en su trabajo "El diseño del programa de mantenimiento de la máquina en la fundición" mencionó que el mantenimiento de las máquinas de hoy es muy complicado porque el progreso tecnológico requiere un conocimiento profundo de este tema. Técnicos e Ingenieros.

En cuanto a mí, estoy de acuerdo y agrego que, con el desarrollo de estas tecnologías de máquinas, este conocimiento no debe ser aplicaciones, sino también el conocimiento de la gerencia. Además creamos un nuevo software que se puede administrar, por lo que debemos entrenar para usarlos.

Salazar mencionó el plan de mantenimiento enfocado a la confiabilidad de su tesis "Diseñar sistema de gas natural plan de mantenimiento y confiabilidad (MCC) se utiliza en sistema de aire en "Planta de extracción de fluidos de gas natural. ". "Diseño de "Sistema de extracción de líquidos." Más específicamente, para mejorar la confiabilidad del equipo, la instalación de extracción de San Joaquín evita el mantenimiento excesivo de horas extras y las alarmas recurrentes, los defectos y las paradas de equipos.

También se distingue de que la implementación de este sistema puede mejorar la economía, debido a que puede aumentar la eficiencia de la máquina, el objetivo es una larga vida.

Evaluar el sistema de mantenimiento actual en la empresa full maquinarias, se referencian las incidencias y el mantenimiento correctivo realizado por los propios operarios de la fábrica, lo que ahorra al sistema de gestión no solo apoyándose en el conocimiento y capacidad de los expertos para avanzar. Gerente, sino también el trabajo en equipo y la experiencia obtenida del operador.

V. CONCLUSIONES

Durante 2018. Fueron evaluados los indicadores de mantenimiento de la línea de producción de Full Maquinarias SA, la cual incluye 3 tornos, 2 convencionales y tornos CNC, habiendo; Dicho esto se han obtenido los siguientes indicadores de mantenimiento, rendimiento obtenido en confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad: 96,11%, 84,67% y 28,96% respectivamente, 97,89%, 89,3% y 35,19% al aplicar y simular el sistema de gestión AMEF.

Dado que Full Maquinarias S.A, ha adoptado sistema de gestión de mantenimiento, su índice de mantenibilidad tornos ha aumentado muy rápido. Esto muestra la mejor rentabilidad respaldada por la máquina.

Un análisis crítico del torno durante 2018 muestra que el torno Colchester 1600 se encuentra en un estado peligroso, torno Romi Economaster está en un estado no peligroso, los tornos CNC también están en fase peligroso. Sin embargo, cuando se aplique el sistema, se mostrarán mejoras en los indicadores y su eficiencia.

El objetivo esperado del plan de actividad de manejo de mantenimiento se implementa con éxito durante el próximo trimestre de 2019 para revisar visualmente la eficiencia de las máquinas completas.

VI. RECOMENDACIONES

El operador y supervisor de cada torno necesita recibir capacitación en la operación y mantenimiento de cada máquina.

Realice regularmente investigaciones sobre los indicadores de gestión de mantenimiento para cada torno y controle directamente la hoja NPR de fallos.

Se requiere gestión para incrementar la capacidad energética de la planta Full Maquinarias S.A. Para que pueda arrancar normalmente y no se dañe por la corriente variable.

VII. REFERENCIAS

- Moubray, John (2004). "Mantenimiento centrado en la confiabilidad." RCM II ". Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. Buenos Aires, Argentina. Versión en español. Editorial Edwards Brothers.
- Llamba (2014). "Elaboración del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para la Central Hidroeléctrica N ° 2 de Illuchi". Ecuador.
- Cantoro (1991), en su trabajo "El diseño de los planes de mantenimiento de la máquina en las fundiciones". Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.
- Salazar (2009) publicó un trabajo sobre el tema "Diseño de Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) para Sistema de Aire en Planta de Extracción de Líquidos de Gas Natural".
- Vásquez O., David Esteban. (2008) "La aplicación de mantenimiento se centra en la confiabilidad RCM del motor Detroit 16V-149TI de la División Codelco Andina". Director: Roberto Cárdenas Parra. Universidad Austral de Chile. Escuela de Ingeniería Mecánica.
- Aguilar Rodríguez, Segundo y Camacho Chávez, Carlos. (2008) "El impacto del diseño e implementación del plan de mantenimiento está enfocado en la confiabilidad de reducir, controlar fallas y optimizar costos en el área azucarera del complejo agroindustrial Cartavio SA A". Universidad Cesar Vallejo Escuela de Ingeniería Mecánica.
- Martínez Calderón Jesús Adolfo (2009) "Recomendaciones para mejorar la confiabilidad de equipos clave basados en análisis de causa raíz". Director: Edgar Rodríguez. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Mecánica.

- Huancaya, C. (2016). “Mejoró la disponibilidad mecánica y confiabilidad operativa de una cosechadora de caña de azúcar con una capacidad de 40 toneladas / hora”. La tesis de graduación es elegible para el título de ingeniero mecánico de la Universidad Católica del Perú.
 - Canales, C. (2014). "Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el departamento de patio Caña basado en la metodología RCM". La disertación recibió al ingeniero en mantenimiento industrial. Ingeniería mecánica y eléctrica. Instituto de Tecnología de Costa Rica.
- Villacrés, S. (2016) "Desarrollar un plan de mantenimiento para la aplicación de un método de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) para Hidrocleaner Vactor M654 de Etapa EP". trabajo de investigación. Escuela Superior politécnica Chimborazo. Ecuador.
- Montalvo, E. (2013) "La gestión de mantenimiento basada en la confiabilidad se aplica a una flota de camiones volquete de 50 toneladas para el transporte de materiales en la mina Arasi". La tesis recibió el título profesional de ingeniero mecánico en la Universidad Nacional de Kaya. Perú.
 - Deming (2008). Las distintas etapas del ciclo de vida del servicio. PDCA. [En línea] 2 de enero de 2008. [Fecha de referencia: 29 de octubre de 2015.
 - Renovetec, (2009). Obras de mantenimiento. Plan de mantenimiento basado en RCM. [Online] Renove Tecnología SL, 10 de enero de 2009. [Citado de: 25 de octubre de 2016.]
 - Burgos, Andrés y Robello, Luis. 2009. Investigación sobre la confiabilidad de equipos críticos. [En línea] 22 de noviembre de 2009.

- Smith, David. 2001. Fiabilidad, mantenibilidad y riesgo. Indicadores de fiabilidad de los propulsores en la gestión del mantenimiento. [En línea], 1 de enero de 2001. [Fecha de referencia: 27 de octubre de 2016.]
- Tamborero, José. 2013. Distribución de Weibull. insertar. [Online] 15 de febrero de 2013. [Fecha de referencia: 27 de octubre de 2016.]
- Juan Almada. Año 2013. Propuesta de mejora mediante métodos de análisis de causa raíz en una empresa procesadora de celulosa de la zona de Mayo. [En línea] Universidad Tecnológica de Sonora, 15 de mayo de 2013. [Fecha de referencia: 26 de octubre de 2016.]
- Améndola, Luis. 2002. Modelo híbrido de fiabilidad. segundo. España, Valencia. Flujo de datos, 2002. ISBN978-84-940628-2-7. España.
- Guillermo López. (2009). Cálculos financieros aplicados: un enfoque profesional. Buenos Aires: La Ley, 2009. 9870308821.
- Cantariño, Jaime (2005) " Mantenimiento Predictivo". España.

ANEXOS

Anexos 01: Torno CNC



Fuente: Full Maquinarias S.A

Anexo 02: Plan de mantenimiento Torno 1

	A	B	C	D	E	F
1	PLAN DE MANTENIMIENTO DE CORRECTIVO TORNO 1					
2						
3	INICIO DEL PERÍODO		23/11/2018			
4	FINAL DEL PERÍODO		29/11/2018			
5						
6	FECHA DE AVISO:		18/11/2018			
7	NECESIDAD DE DESARROLLARSE		ALTA			
8						
9	ACTIVIDAD	ACTIVIDAD A DESARROLLARSE		INSUMOS	CANTIDAD	
10	Cambiar el aceite	NO		ACEITE RANDO 68	6 LITROS	
11	Lubricar el GUIAS	SI		BARRA DE BRONCE SAE62	DEX 50MM L25MM	
12	LIMPIEZA DE BATEA	SI		WAYPE	1 KILO	
13	REGULAR EMBRAGUE	SI		GUANTES DESCARTABLES	3 PARES	
14	ALINEAR CONCICIDAD	SI		RODAMIENTOS	A DEFINIR	
15	CAMBIO DE RODAMIENTOS	ANALIZAR				
16	CAMBIO DE ANILLOS	SI				
17	CAMBIO DE FAJAS	NO				
18	LIMPIEZA DE CHUCK	SI				
19	RELLENAR ACEITE	SI				
20	Ajustar los frenos	SI				
21	NIVELAR MOTOR	SI				
22	REPARACION ESPECIFICA	EMBRAGUE Y COJINETES				

Fuente ; Full Maquinarias S.A

Anexo 03: Recursos y presupuestos

EQUIPOS			
Lap Top	1	S/. 2 000.00	S/. 2 000.00
software Microsoft Excel	1	S/. 75.00	S/. 75.00
Impresora canon	1	S/. 300.00	S/. 300.00
Total equipos			S/. 2 375.00

BIENES			
DESCRIPCIÓN DEL BIEN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Calculadora	1	S/. 75.00	S/. 75.00
Papel bond	2 millares	S/. 24.00	S/. 48.00
Cuaderno	2	S/. 5.00	S/. 10.00
Lapices	4	S/. 2.00	S/. 8.00
Anillados	6	S/. 2.00	S/. 12.00
Total			S/. 153.00

SERVICIOS			
Pasaje	-	S/. 400.00	S/. 400.00
Electricidad	-	S/. 200.00	S/. 200.00
Internet	3	S/.180.00	S/. 540.00
Otros	-	-	S/. 300.00
Total servicios			S/. 1 140.00
TOTAL EQUIPOS, BIENES Y SERVICIOS			S/. 4 414.00

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
¿De qué forma la implementación del sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad aumentara la disponibilidad en tornos de la empresa Full Maquinarias S.A.?	Establecer un sistema de gestión de mantenimiento de tornos enfocado a la confiabilidad, predecir fallas imprevistas y mantener la continuidad de las operaciones de los tornos de Full Maquinarias S.A para mejorar su disponibilidad.	La implementación de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad, aumentara la disponibilidad en tornos de la empresa Full Maquinarias S.A.	INDEPENDIENTES	
			Número de unidades	AMEF
			Tipos de fallos	AMEF
			Tiempo de reparación	AMEF
			Horas de trabajo de cada unidad	AMEF
			DEPENDIENTE	
			Incremento de la Confiabilidad	RAZÓN (%)
			Reducción de la mantenibilidad	RAZÓN (%)
			Costo/beneficio	RAZÓN (años)